



TESIS TE-142599

**KLASIFIKASI DAN PENGOLAHAN CITRA IRIS
PASIEN GAGAL GINJAL KRONIS (CHRONIC RENAL
FAILURE) DENGAN MENGGUNAKAN ALGORITMA
WATERSHED
DAN SUPPORT VECTOR MACHINE (SVM)**

**MAYA ARMYS ROMA SITORUS
2214206009**

**DOSEN PEMBIMBING
Prof.Dr.Ir.Mauridhi Hery Purnomo M.Eng
Dr.Adhi Dharma Wibawa ST., MT.**

**PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN TELEMATIKA
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2016**



THESIS TE-142599

CLASSIFICATION AND IMAGE PROCESSING OF PATIENT CHRONIC RENAL FAILURE IRIS USING WATERSHED ALGORITHM AND SUPPORT VECTOR MACHINE (SVM)

**MAYA ARMYS ROMA SITORUS
2214206009**

**SUPERVISOR
Prof.Dr.Ir.Mauridhi Hery Purnomo M.Eng
Dr.Adhi Dharma Wibawa ST., MT.**

**MAGISTER PROGRAM
FIELD OF STUDY TELEMATICS
MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
INSTITUTE OF TECHNOLOGY SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2016**

Tesis telah disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar

Magister Teknik (MT)

Di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh : **Maya Armys Roma Sitorus**
NRP : 2214206009

Tanggal Ujian : **7 Januari 2016**
Periode Wisuda : **Maret 2016**

Disetujui oleh:

1. **Prof. Dr. Ir. Mauridhi Hery Purnomo, M.Eng.** (Pembimbing I)
NIP. 19580916 198601 1 001

2. **Dr. Adhi Dharma Wibawa, ST., MT.** (Pembimbing II)
NIP. 19760505 200812 1 003

3. **Dr. Ir. Yoyon K. Suprpto, M.Sc.** (Penguji)
NIP. 19540925 197803 1 001

4. **Dr. Ir. Wirawan, DEA** (Penguji)
NIP. 19631109 198903 1 011

5. **Eko Setijadi, ST., MT., Ph.D.** (Penguji)
NIP. 19721001 200312 1 002

Direktur Program Pasca Sarjana,



Prof. Dr. Diahhar Manfaat, M.Sc, Ph.D
NIP. 19601202 198701 1 001

KLASIFIKASI DAN PENGOLAHAN CITRA IRIS PASIEN GAGAL GINJAL KRONIS (CHRONIC RENAL FAILURE) DENGAN MENGGUNAKAN ALGORITMA WATERSHED DAN *SUPPORT VECTOR MACHINE* (SVM)

Nama Mahasiswa : Maya Armys Roma Sitorus
NRP : 2214206009
Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Mauridhi Hery Purnomo M. Eng
Pembimbing II : Dr. Adhi Dharma Wibawa S.T, M.T

ABSTRAK

Iridology adalah metode alternatif yang dapat digunakan untuk mendeteksi kerusakan organ. Dengan mengamati kerusakan jaringan dalam iris pada area tertentu dapat merepresentasikan adanya perubahan fungsi organ tubuh tertentu. Tingkat kerusakan suatu organ dapat ditunjukkan dengan melihat pola kerusakan jaringan di iris. Ginjal merupakan salah satu organ tubuh yang dapat dilihat kondisinya dengan melihat keadaan iris. Fokus penelitian ini terbatas pada analisis iris pasien gagal ginjal kronis yang sudah melakukan terapi Hemodialisis. Jumlah pasien yang ikut serta dalam penelitian ini sebanyak 61 orang. Peneliti juga mengambil citra iris orang normal dan mendekati normal sebanyak 21 orang. Pengambilan citra iris setiap peserta dilakukan dengan menggunakan kamera *iridology*. Algoritma *watershed* digunakan untuk ekstraksi fitur dari citra iris. Daerah yang secara spesifik diteliti pada lingkaran iris berada pada posisi 5.35 - 5.95 (252° - 268°) untuk mata kanan dan 6.05 - 6.60 (272° - 288°) untuk mata kiri dengan asumsi seluruh lingkaran iris dibagi 120 (360°) yang merepresentasikan ginjal kanan dan kiri. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa *iridology* dapat digunakan sebagai metode alternatif lain yang dapat digunakan untuk mendeteksi kesehatan ginjal. Hal ini terlihat bahwa dari keseluruhan pasien gagal ginjal yang diambil datanya 87.5% menunjukkan tanda kerusakan jaringan di iris mata kanan dan 89.3% menunjukkan tanda kerusakan jaringan di iris mata kiri. Dari keseluruhan partisipan orang normal dan mendekati normal hanya 38% yang tidak menunjukkan tanda kerusakan jaringan di iris mata kanan dan 61.9% tidak menunjukkan adanya tanda kerusakan jaringan di iris mata kiri. Dari keseluruhan percobaan dengan menggunakan SVM diperoleh rata – rata akurasi terbaik 87.5% dan rata- rata *recall* terbaik 91.7% yang dihasilkan oleh *percentage split* 90. Pada penelitian ini dataset yang digunakan untuk data latih dan data uji adalah sama.

Kata Kunci : *Iridology*, Pengolahan Citra Iris, Gagal Ginjal Kronis, Algoritma Watershed, SVM.

CLASSIFICATION AND IMAGE PROCESSING OF PATIENT CHRONIC RENAL FAILURE IRIS USING WATERSHED ALGORITHM AND SUPPORT VECTOR MACHINE (SVM)

Name : Maya Armys Roma Sitorus
NRP : 2214206009
Advisor : Prof.Dr. Ir. Mauridhi Hery Purnomo, M.Eng.
: Dr. Adhi Dharma Wibawa, S.T., M.T.

ABSTRACT

Iridology is one alternative ways to know the condition of the human organs. In *iridology*, the existence of broken tissue on the iris image in a certain area is representing the condition of a specific organ. Renal or kidneys are the example of the organs that can be seen through the iris. Focus of this research is to analyze the iris image of patient Chronic Renal Failure (CRF). According to the GFR (Glomerular Filtration Rate) in the blood of the patients, CRF could reach 5 stages. In this book the analysis was limited to the patients of CRF who have already been in hemodialysis treatment (stage 5). The number of hemodialysis patients who participated in this research was 61 people and 21 people with normal or nearest normal kidney. Iris image of CRF patients were taken using specific iris camera. Watershed transform technique was used to extract the features of iris image of hemodialysis patients. The ROI (region of interest) of iris image of renal organ is at 5.35-5.95 ($252^0 - 268^0$) for right eye and at 6.05-6.6 ($272^0 - 288^0$) for left eye assuming that the circle of iris is divided into 120 points (360^0). The medical records of participants were used to validate the result of this *iridology* study. The result shows that 87.5% of patients hemodialysis has shown broken tissue on their right iris and 89.3% has shown broken tissue on their left iris. There are 38% of the normal and nearest normal participants shown that there are no sign of broken tissues in their right eye and 68.1% for the left eye. In conclusion, the condition of renal organ of CRF patients can be seen through the broken tissue in iris image. From all the experiments with SVM model for learning and testing dataset, best mean of precision is 87.5% and best mean recall is 91.7% given by percentage split 90 (where the data training was 90% and data testing was 10%). In this research the dataset for training and testing was same.

Keywords : *Iridology*, Iris Image Processing, Chronic Renal Failure, Watershed Algorithm, SVM.

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan syukur kepada Tuhan Yesus Kristus atas segala berkat dan anugerahnya sehingga penelitian dan penulisan buku tesis ini dapat terselesaikan dengan baik. Penulis juga bersyukur kepada banyak pihak – pihak yang senantiasa membantu dan memberi semangat untuk menyelesaikan segala tugas dan tanggung jawab penulis. Hanya ucapan terima kasih yang dapat penulis katakan kepada beberapa pihak:

1. Suami penulis Alvian Rawi Butar-Butar, untuk segala dukungannya baik moral maupun moril yang tidak pernah putus – putus memberi semangat. Semoga beliau masih memperbolehkan penulis untuk mengambil S3 suatu hari nanti. Untuk boruku Kyrie Eleison Butar-Butar yang sudah menjadi teman seperjuangan di Surabaya, salah satu motivator terkuat bagi penulis, yang membuat hari – hariku menjadi serba serbi. Terima kasih hasian – hasianku, gelar ini kupersembahkan untuk kalian.
2. Orang tuaku P.Sitorus/L. br Samosir dan seluruh keluarga besar, Mertuaku B.Butar-Butar/R.br Gurning dan seluruh keluarga besar terkhusus untuk Oppungku M br Manurung, terimakasih untuk segala dukungannya.
3. Prof Heri dan Pak Adhi selaku pembimbing yang selalu memberi dukungan dan semangat untuk menyelesaikan tesis ini tepat pada waktunya.
4. Segenap dosen – dosen di Elektro, khususnya dosen – dosen yang pernah mengajar di Telematika, terima kasih banyak untuk ilmu dan pengalaman yang dibagikan.
5. Kepada Negara RI melalui DIKTI yang telah memberikan beasiswa kepada saya melalui program Pra-S2.
6. Teman – teman Telematika (Reguler dan CIO) angkatan 2013, 2014, 2015 ganjil maupun genap, terima kasih untuk pertemanan yang indah selama ini, semoga suatu saat nanti boleh bertemu kembali dan berbagi cerita lagi.

7. Teman – teman di Lab B204 (sesama S2, adik – adik S1, senior – senior S3), teman – teman Pra-S2 2013, teman – teman di JCM, Telkom, Elektronika, Pengaturan, dan Tenaga, terima kasih untuk segala dukungannya.

Terima kasih juga penulis haturkan kepada pihak – pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, kalian selalu ada di dalam hati penulis. Selain ucapan terima kasih, penulis juga memohon maaf apabila ada kesalahan dalam berbicara, bersikap, dan bertindak selama menempuh pendidikan magister di ITS.

Buku tesis ini masih jauh dari sempurna sehingga koreksi serta saran masihlah sangat dibutuhkan.

Surabaya, 30 Desember 2015

Penulis

Maya Armys Roma Sitorus

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	i
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah.....	5
1.4 Tujuan.....	6
1.5 Manfaat.....	6
LANDASAN TEORI.....	7
2.1 Sejarah Iridologi	7
2.2 Iridologi	8
2.3 <i>Chart</i> Iridologi.....	10
2.4 Fisiologi Ginjal.....	13
2.5 Penyakit Gagal Ginjal Kronis.....	15
2.5.1 Transplantasi Ginjal.....	17
2.5.2 Dialisis	18
2.5.2.1 Peritoneal Dialisis (PD).....	19
2.5.2.2 Hemodialisis (HD)	22
2.5.2.2.1 Akses Fistula	24
2.5.2.2.2 Akses Graft.....	25
2.5.2.2.3 Akses Cateter	26
2.6 Greyscale	28
2.7 Algoritma <i>Watershed</i>	28

2.8	Operasi Citra Biner.....	29
2.9	Hubungan Ketetanggaan Piksel.....	30
2.10	Pelabelan Piksel Citra Biner dan Perhitungan Area	31
2.11	Normalisasi Data.....	31
2.12	<i>Support Vector Machine</i> (SVM).....	32
2.12.1	Non Linier SVM	34
2.12.2	<i>Support Vector Machine</i> untuk multi kelas	35
2.12.2.1	Metode <i>One Against One</i> untuk multi kelas	36
2.12.2.2	Metode <i>One Against All</i> untuk multi kelas	37
2.13	Akurasi dan <i>Recall</i>	39
	METODE PENELITIAN	41
3.1	Pengambilan Data Pasien Gagal Ginjal.....	41
3.2	Proses Deteksi Lubang/Kerusakan Jaringan di Iris	44
3.2.1	Iris	44
3.2.2	ROI.....	45
3.2.3	Watershed	46
3.2.4	Binerisasi	47
3.2.5	Ekstraksi Fitur.....	47
3.2.6	Klasifikasi SVM	48
3.3	Akurasi dan <i>Recall</i>	50
	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	53
4.1	Hasil Iridologi untuk pasien Hemodialisis.....	53
4.2	Hasil Iridologi untuk partisipan Normal dan Mendekati Normal	61
4.3	Hasil Klasifikasi SVM dengan Persen Pembagi Data.....	65
4.4	Hasil Klasifikasi SVM dengan <i>k-fold Cross Validation</i>	69
	KESIMPULAN DAN SARAN.....	77
5.1	Kesimpulan	77
5.2	Saran.....	78
	DAFTAR PUSTAKA	79

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur Anatomi mata (nysoa.org).....	8
Gambar 2.2 Struktur jaringan iris mata (Jensen, 1980)	9
Gambar 2.3 Chart Iridologi untuk mata kanan (www.healthyyournaturally.com) 10	
Gambar 2.4 Chart Iridologi untuk mata kiri (www.healthyyournaturally.com) ...	11
Gambar 2.5 Chart Iridologi sebagai Representasi Organ (discover.mapquest.com)	11
Gambar 2.6 Fisiologi Ginjal (renalsource.com).....	13
Gambar 2.7 Proses Peritoneal Dialisis (renalsource.com)	19
Gambar 2.8 Ilustrasi penggunaan CCPD (kidneydiseasedoctor.com).....	21
Gambar 2.9 Prinsip kerja mesin Hemodialisis	23
Gambar 2.10 Tampilan dalam <i>dialyzer</i>	23
Gambar 2.11 Tampilan <i>dialyzer</i> sebenarnya.....	24
Gambar 2.12 Salah satu contoh mesin pembersih <i>dialyzer</i> (tradekorea.com)	24
Gambar 2.13 Arteriovenous Fistula (kidney.org)	25
Gambar 2.14 Akses Hemodialisis dengan Graft (kidney.org)	25
Gambar 2.15 Akses Hemodialisis dengan cateter (kidney.org)	26
Gambar 2.16. Citra biner dan nilai matrik array citra biner	30
Gambar 2.17. Bentuk-bentuk ketetanggaan piksel	31
(kanan) 4-tetangga, (kiri) 8-tetangga.....	31
Gambar 2.17 Ilustrasi tentang Hyperplane.....	33
Gambar 2.18 Ilustrasi pemisahan data training dengan margin maksimal	34
Gambar 2.19 Metode Klasifikasi SVM <i>one against one</i> (Krisantus ,2007)	37
Gambar 2.20 Contoh klasifikasi <i>One Against All</i> untuk 4 kelas.....	38
Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian.....	41
Gambar 3.2 Proses Pengambilan Citra Mata Pasien (www.iridology.nl).....	43
Gambar 3.3 Metode Pengolahan Data	44
Gambar 3.4 (kiri) hasil grab citra citra mata kiri, (kanan) hasil grab citra citra mata kanan.	45
Gambar 3.5 (kiri) Citra iris kiri, (kanan) Citra iris kanan	45

Gambar 3.6 Model pembagian kuadran oleh Euclidian.....	46
Gambar 3.7 (kiri) ROI iris mata kanan representasi ginjal kanan, (kanan) ROI iris mata kiri representasi ginjal kiri.....	46
Gambar 3.8 Salah satu contoh hasil gradient magnitude	47
(kiri) ROI mata kanan, (kanan) ROI mata kiri.....	47
Gambar 3.9 Salah satu contoh hasil <i>Watershed</i>	47
(kiri) ROI mata kanan, (kanan) ROI mata kiri.....	47
Gambar 3.10 Hasil komplemen biner (kiri) ROI mata kanan, (kanan) ROI mata kiri.....	47
Gambar 3.11 Proses untuk mendapatkan fitur sebagai inputan SVM.	48
Gambar 3.12 Flowdiagram Pembelajaran SVM	49
Gambar 4.1 Chart Hasil Iridologi pada Pasien Hemodialisis	54
Gambar 4.4 Chart Rata – Rata Akurasi dan Recall untuk k-fold Cross Validation.	71
Gambar 4.5 Chart perbandingan rata – rata akurasi untuk tiap percobaan.	74

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Contoh metode <i>one against one</i> untuk 4 SVM biner.....	36
Tabel 2.2 Contoh metode <i>one against all</i> untuk 4 SVM biner	38
Tabel 2.3 <i>Confusion matrix</i> untuk kasus klasifikasi biner	39
Tabel 2.4 <i>Confussion Matrix</i> untuk kasus klasifikasi multi kelas.....	40
Tabel 3.1. Aturan pembagian Data.	49
Tabel 3.2 <i>Confusion Matrix</i> Analisis Hasil Klasifikasi SVM.....	50
Tabel 4.1 Image ROI dan Tanda Kerusakan Jaringan pada Pasien Hemodialisis	54
Tabel 4.2 Image ROI dan Tanda Kerusakan Jaringan pada Partisipan Normal dan Mendekati Normal	62
Tabel 4.3 Hasil Klasifikasi <i>Percentage Split</i> 10 - 90.	65
Tabel 4.4. <i>Confussion Matrix</i> Percentage Split 10 – 90	67
Tabel 4.5 Hasil Klasifikasi k-fold Cross Validation	70
Tabel 4.6. <i>Confussion Matrix</i> k-fold Cross Validation, $k = 1, 2, \dots, 10$	71

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mata merupakan bagian tubuh yang tidak saja mampu digunakan untuk mengetahui keadaan diluar tubuh dengan melihat, tetapi juga dapat digunakan untuk mengetahui keadaan organ di dalam tubuh melalui iris (Sharan, 1989). Iris adalah bagian mata yang terlihat berwarna yang seringkali disebut dengan mata coklat, hitam, biru atau hijau. Iris dapat menunjukkan bagaimana kondisi kesehatan tubuh, kelemahan yang dimiliki tubuh, dan bagaimana cara hidup seseorang (Jensen, 1980). *Iridology* adalah ilmu yang menganalisis struktur iris dan melihat hubungannya dengan kondisi organ dalam tubuh manusia seperti jantung, hati, pankreas ataupun ginjal. *Iridology* sudah sejak lama telah menjadi salah satu pengobatan alternatif yang dapat digunakan untuk mendeteksi kerusakan organ tubuh, mengetahui organ tubuh mana yang mengalami kerusakan dan seberapa parah kerusakan dari organ tubuh tersebut dengan melihat perubahan jaringan yang terjadi di iris (Lindlahr, 1919). Kerusakan jaringan di area tertentu di iris mempresentasikan bahwa bagian organ tubuh tertentu mengalami masalah. *Iridology* dapat menjadi pendeteksi awal untuk mengetahui kondisi kesehatan seseorang (Wibawa et al, 2006). Dengan pendeteksian di awal terutama untuk penyakit kronis akan memberikan kesempatan untuk melakukan pengobatan yang tepat. Dengan pengobatan yang tepat tentunya akan memperlambat penyakit itu memasuki tahap yang lebih parah atau bahkan memungkinkan untuk dapat disembuhkan dengan segera.

Ginjal merupakan salah satu bagian organ dari tubuh yang dapat dilihat kondisinya melalui iris (Jensen, 1980). Menurut teori *iridology*, apabila ginjal tidak dapat melakukan fungsinya dengan baik, maka kondisi ginjal ini akan terlihat di dalam iris melalui adanya perubahan jaringan di dalam struktur iris. Perubahan jaringan tersebut dapat berupa sebuah lubang (besar ataupun kecil), beberapa lubang, garis – garis yang menggores dalam di area permukaan iris

ataupun perubahan warna pada permukaan iris. Dengan memperhatikan karakteristik teknik *iridology* ini maka *iridology* dapat melihat kerusakan sebuah organ jika gangguan yang terjadi pada organ tersebut terjadi secara menahun. Oleh karena itu penyakit gagal ginjal kronis merupakan salah satu penyakit yang disebabkan terganggunya fungsi organ ginjal secara menahun/lama. Penyakit gagal ginjal merupakan penyakit kronis yang diderita oleh sekitar 10% dari seluruh populasi dunia. Penyakit gagal ginjal sebagian besar terjadi karena pengaruh dari penyakit lain diantaranya glomeropati primer (gangguan ginjal sebagai bawaan lahir), diabetes mellitus (penyakit gula darah), hipertensi (penyakit tekanan darah tinggi), asam urat, lupus, kista pada ginjal dan penyakit lainnya. Ada beberapa kasus dimana dokter belum dapat menemukan penyebab dari penyakit gagal ginjal kronis ini (Indonesian Renal Registry, 2012). Tingginya jumlah penderita diabetes di Asia membuat penyakit gagal ginjal lebih umum terjadi pada penduduk Asia. Selain diabetes, tekanan darah tinggi juga menjadi salah satu penyebab terkuat terjadinya penyakit gagal ginjal kronis di Asia. Indonesia termasuk ke dalam 10 besar negara di Asia dengan kasus penyakit gagal ginjal terbanyak. PERNEFRI (Perhimpunan Nefrologi Indonesia) melalui program IRR (Indonesian Renal Registry) yang berfungsi untuk mengumpulkan data berkaitan dengan dialisis, transplantasi ginjal, serta data epidemiologi penyakit ginjal dan hipertensi di Indonesia, dalam laporan tahunannya menyatakan bahwa pada tahun 2012 penderita gagal ginjal kronis stadium akhir di Indonesia tercatat sebanyak 19.621 pasien baru dan hanya 9161 pasien yang aktif melakukan hemodialisis. Pada tahun 2011 jumlah pasien baru tercatat sebanyak 15.353 orang dan tahun 2010 tercatat jumlah pasien baru gagal ginjal kronis sebanyak 9.649. Berdasarkan laporan selama 3 tahun berturut – turut ini dapat dilihat bahwa tren kenaikan jumlah pasien gagal ginjal yang tercatat dalam laporan tahunan IRR naik sekitar 4200-5000 pasien tiap tahunnya. Jumlah pasien yang tercatat dalam laporan ini hanya mewakili sebagian dari pasien gagal ginjal di Indonesia (Indonesian Renal Registry, 2012).

Seseorang dikatakan mengalami penyakit ginjal apabila terjadi penurunan fungsi ginjal yang ditandai dengan oliguria (berkurangnya urine yang dibuang per hari), kenaikan kreatinin dan ureum plasma dalam darah serta urin yang

terkonsentrasi dengan natrium sehingga konsentrasi natrium urin rendah (Mansjoer, 2001). Penyakit gagal ginjal kronis ini biasanya terjadi secara perlahan-lahan, dan kemungkinan penderita penyakit ini tidak menunjukkan tanda-tanda terkena penyakit hingga penderita sudah memasuki gagal ginjal tahap akhir dimana ginjal harus digantikan fungsinya dengan cara dialisis atau tranplantasi ginjal. Berdasarkan pengarahannya K/DOQI (Kidney Disease Outcomes Quality Initiative) dari NKF (National Kidney Foundation) bahwa terdapat lima (5) tahapan pada penyakit gagal ginjal kronis dilihat dari nilai *Glomerular Filtration Rate* (GFR) dengan menghitung kadar kreatinin yang terdapat di dalam darah yaitu:

1. $GFR \geq 90 \text{ ml/min/1.73 m}^2$ masih normal, tetapi mulai terjadi kerusakan ginjal
2. $60 \leq GFR \leq 90 \text{ ml/min/1.73 m}^2$ penyakit gagal ginjal akut
3. $30 \leq GFR \leq 59 \text{ ml/min/1.73 m}^2$ penyakit gagal ginjal kronis awal
4. $15 \leq GFR \leq 29 \text{ ml/min/1.73 m}^2$ penyakit gagal ginjal kronis berat
5. $GFR < 15 \text{ ml/min/1.73 m}^2$ penyakit gagal ginjal tahap akhir atau *End Stage Renal Disease (ESRD)*

Penyakit gagal ginjal berdasarkan waktu diklasifikasikan menjadi 2 yaitu penyakit ginjal akut dan penyakit ginjal kronis. Dalam laporan tahunan IRR (Indonesian Renal Registry) menyebutkan ada 3 jenis diagnosa penyakit pada pasien yang melakukan terapi dialisis di Indonesia yaitu:

1) Gagal Ginjal Akut (GGA)

Penurunan fungsi ginjal yang terjadi mendadak pada ginjal yang sebelumnya normal

2) Gagal Ginjal Terminal (End Stage Renal Disease)

Fungsi ginjal sangat menurun $GFR < 15 \text{ ml/min/1.73 m}^2$ sehingga dibutuhkan terapi ginjal pengganti untuk menggantikan fungsi ginjal membuang toksin dalam tubuh

3) Gagal Ginjal Akut pada GGK (Acute on Chronic)

Episode akut pada gagal ginjal kronik yang sebelumnya stabil

Pada zaman modern ini rumah sakit sudah mulai memperlengkapi dirinya dengan alat-alat yang dapat memonitoring pasien dan peralatan lain yang dapat digunakan untuk pengambilan data pasien dalam jumlah yang besar dan proses pengolahan yang cepat. Penelitian tentang penyakit gagal ginjal kronis saat ini masih terbatas (Al-Hyari et al, 2013). *Iridology* dapat menjadi salah satu metode alternatif yang dapat digunakan untuk mendeteksi penyakit gagal ginjal kronis secara lebih dini. *Iridology* merupakan metode pengambilan data yang *non invasive* (tidak melukai pasien/mengganggu kenyamanan pasien), pengolahan datanya juga terbilang cepat. Tetapi hasil pembacaan *iridology* hanya dapat dijadikan sebagai pendeteksi awal saja, untuk dapat mendiagnosa lebih detail pasien harus melakukan pemeriksaan lebih lanjut di rumah sakit dengan melakukan prosedur tes laboratorium darah dan urine. Disamping kelebihanannya *iridology* juga memiliki kelemahan, dimana pembacaan kerusakan organ umumnya dilakukan dengan melihat kerusakan iris yang disesuaikan dengan *chart iridology*. *Chart iridology* ini dibuat oleh para praktisi *iridology* yang sudah terlebih dahulu melakukan penelitian tentang iris. *Chart* yang menjadi standar yang digunakan oleh para praktisi *iridology* adalah *chart* yang dibuat oleh Dr. Bernard Jensen (International Iridology Practitioners Association, 1982). Pembacaan *chart iridology* membutuhkan ketelitian dan ketepatan mengingat bahwa di dalam *chart iridology* posisi antar organ rapat dan berdekatan. Kemampuan membaca *chart* dengan benar hanya dimiliki oleh praktisi *iridology* yang berpengalaman. Untuk itu dibutuhkan metode pembacaan iris mata dengan *chart iridology* yang terkomputasi sehingga meminimalisir kesalahan akibat salah dalam membaca *chart*. Dalam penelitian kali ini, akan digunakan metode algoritma watershed untuk dapat mengekstraksi lokasi kerusakan iris pasien yang disesuaikan dengan *chart iridology* untuk organ ginjal dan menemukan pola kerusakan jaringan di iris serta luas penampang kerusakan. Metode SVM digunakan untuk mengenali pola kerusakan jaringan iris. Proses validasi hasil pendeteksian iris pasien akan menggunakan data rekam medis pasien gagal ginjal.

1.2 Rumusan Masalah

Belum adanya penelitian untuk mendapatkan pola atau tanda kerusakan jaringan yang terjadi di iris pasien penderita gagal ginjal kronis terutama pada pasien yang sudah melakukan terapi Hemodialisis. Dengan penemuan pola atau tanda pada citra iris ini maka hasil penelitian ini dapat menjadi metode alternatif yang *non-invasive* yang dapat digunakan untuk melihat kondisi organ ginjal secara lebih dini. Terapi Hemodialisis atau yang umum dikenal di Indonesia sebagai terapi cuci darah masih menjadi momok yang menakutkan bagi pasien dan keluarga pasien disamping juga biaya yang sangat besar yang harus dikeluarkan oleh pasien. Pada kasus pasien dengan penyakit gagal ginjal kronis terapi hemodialisis tidak dapat menyembuhkan ginjal tetapi hanya menggantikan fungsi ginjal sehingga cairan berlebih dan racun – racun dalam darah tidak mengendap dalam tubuh sehingga fungsi ginjal yang tersisa dapat terus dipertahankan untuk waktu yang cukup lama (National Kidney Foundation). Sedangkan untuk pasien hemodialisis dengan kondisi gagal ginjal akut atau dengan kata lain apabila ginjal tidak berfungsi secara tiba - tiba terapi Hemodialisis dapat membantu ginjal untuk dapat berfungsi normal kembali atau setidaknya fungsi ginjal membaik. Untuk itu tes darah dan urin rutin dilakukan oleh pasien Hemodialisis untuk mengetahui bagaimana efek terapi yang dilakukan terhadap kesehatan ginjal pasien.

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini akan terbatas pada pengambilan dan penetapan pola/ tanda kerusakan jaringan yang terjadi pada iris pasien berpenyakit gagal ginjal kronis yang sudah rutin melakukan terapi Hemodialisis. Untuk memperoleh data pasien baik itu citra mata maupun riwayat kesehatan pasien, peneliti telah melakukan koordinasi dengan salah satu pusat Hemodialisis Surabaya, rumah sakit di daerah Surabaya Utara. Jumlah pasien yang diambil citra matanya sebanyak 61 pasien. Dan sebagai pembanding, peneliti juga mengambil citra mata dari 21 orang normal. Dalam hal ini yang disebut normal adalah setelah melakukan tes kreatinin memiliki nilai GFR lebih dari $90 \text{ ml/min/1.73m}^2$. Persamaan yang digunakan untuk memperkirakan GFRnya adalah persamaan CKD-EPI (Chronic Kidney

Disease- Epidemiology) karena menurut penelitian persamaan ini lebih akurat digunakan pada orang normal atau mendekati normal dibandingkan dengan persamaan MDRD (Modification Diet Renal Disease). Dalam penelitian ini penyebab awal penyakit gagal ginjal kronis diabaikan. Dan tidak ada pembatasan dalam hal usia maupun jenis kelamin pasien yang di ambil citra irisnya baik untuk pasien gagal ginjal stadium akhir maupun untuk orang normal.

1.4 Tujuan

Memperoleh pola atau relasi yang kuat antara tanda kerusakan jaringan yang terjadi di iris pasien dengan penyakit gagal ginjal kronis yang dapat dijadikan acuan untuk mendeteksi penyakit gagal ginjal kronis secara dini melalui iris. Dengan mendapatkan pola kerusakan jaringan pada iris maka penelitian ini kami harapkan dapat membuktikan bahwa *iridology* dapat digunakan sebagai salah satu metode alternatif untuk mendeteksi secara dini kerusakan fungsi organ ginjal.

1.5 Manfaat

Dengan diperolehnya pola/tanda yang menyatakan bahwa seseorang telah menderita penyakit gagal ginjal kronis, maka pola/ tanda ini akan dapat digunakan sebagai acuan untuk mendeteksi awal terhadap pasien lain yang belum terdiagnosa. Dengan pendeteksian dini ini akan dapat memberikan informasi kepada yang bersangkutan secara dini tentang kondisi kesehatan ginjalnya dan memberikan kesempatan untuk menindaklanjuti dengan melakukan pemeriksaan yang lebih intensif dengan mendatangi dokter atau rumah sakit. Pendeteksian awal ini juga akan sangat membantu rumah sakit sebagai salah satu bahan pertimbangan diagnosa. Mengingat metode *iridology* ini *non-invasive* akan lebih mudah mengarahkan pasien untuk diambil citra iris matanya. Proses pengolahan dan klasifikasi citra iris yang sudah terkomputasi akan mempercepat diagnosa pemeriksaan.

BAB II

LANDASAN TEORI

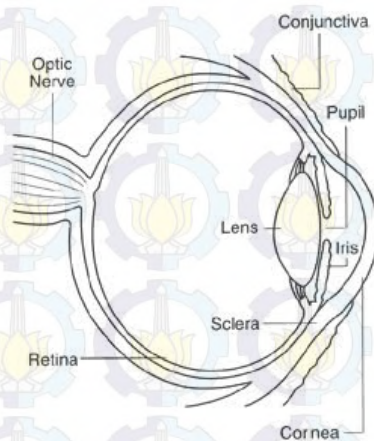
2.1 Sejarah *Iridology*

Iris adalah nama dewa pelangi yang disembah oleh masyarakat Latin tetapi dalam kepercayaan bangsa Iliad, Iris adalah dewa pemberi pesan. *Iridology* sebenarnya sudah lama digunakan, misalnya para penggembala zaman dahulu untuk mengenali penyakit yang dialami oleh binatang peliharaan mereka. Tetapi pengajaran tentang *iridology* sendiri baru berkembang pada abad ke 18, dimulai dari seseorang yang bernama Ignatz von Peczely berkebangsaan Hungaria yang secara tidak sengaja menemukan burung hantu di dalam taman keluarga mereka. Dalam ketakutan von Peczely yang saat itu masih berumur 11 tahun hendak mengusir burung hantu, namun burung tersebut melakukan perlawanan dengan berusaha mencakar von Peczely. Secara tidak sengaja von Peczely mematahkan kaki burung hantu itu, saat von Peczely mengamati mata burung hantu itu, ada muncul garis hitam pada bagian iris matanya. Von Peczely merawat luka burung hantu tersebut hingga kakinya sembuh total. Pada saat itu von Peczely melihat bahwa garis hitam yang dia lihat sebelumnya sudah hilang digantikan oleh titik hitam yang kecil sekali yang dikelilingi oleh garis putih. Hal ini menarik perhatian von Peczely kecil. Bertahun-tahun kemudian von Peczely menjadi seorang dokter yang bekerja di rumah sakit pada bagian pembedahan. Von Peczely memiliki kesempatan untuk mengamati iris mata pasien yang mengalami operasi dan pasca operasi. Hal ini meyakinkan von Peczely bahwa terjadi perubahan tanda-tanda yang terjadi di iris berhubungan dengan apa yang terjadi dalam tubuh manusia. Dia meyakini bahwa perubahan jaringan yang ada di iris merupakan cerminan dari perubahan dari organ tubuh. Berdasarkan hasil pengamatan dan penelitiannya von Peczely berhasil membuat chart *iridology* untuk yang pertama kali. Von Peczely yang pertama kali menggunakan istilah *Augendiagnostik* (diagnosis mata). Kemudian sesudahnya muncul peneliti – peneliti baru di beberapa negara. Pastor Felke di Jerman, melakukan pengobatan dengan melihat

citra iris untuk penyakit tertentu. Untuk menghormati beliau didirikan Institut Pastor Falke di Heimshiem yang merupakan pusat penelitian dan pelatihan *iridology*. Pada tahun 1950an Bernard Jensen memperkenalkan *iridology* di Amerika Serikat dan mulai mengajarkan ilmu ini ke beberapa orang (Sharan, 1989).

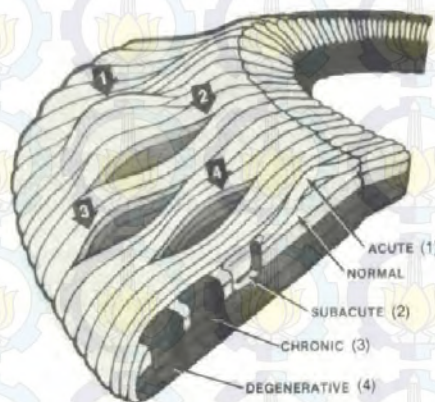
2.2 Iridology

Mata adalah salah satu dari indera tubuh yang berfungsi untuk melihat. Mata terdiri atas pupil, iris, lensa, sklera, retina, kornea dan lain sebagainya. Iris adalah bagian bulat yang berada diantara pupil dan kornea. Iris merupakan bagian mata yang terlihat berwarna. Dilihat dari atas, iris memiliki bagian hitam di tengah – tengahnya yang disebut pupil dimana cahaya masuk. Otot – otot yang terdapat dalam iris mempunyai kemampuan untuk menegang atau melentur sesuai dengan membesar dan mengecilnya pupil. Secara umum, iris berfungsi untuk mengatur jumlah cahaya yang masuk ke dalam retina.



Gambar 1.1 Struktur Anatomi mata (nysoa.org)

Iris mempunyai struktur yang sangat bagus dimana terdapat 5 lapis fiber yang tersusun menjadi seperti jaringan seperti terlihat pada gambar 2.2 (Jensen, 1980). Dari gambar 2.2 dapat dicatat bahwa dengan mengamati lapis mana yang mengalami kerusakan pada iris dapat di diagnosa seberapa parah kerusakan organ yang di alami.



Gambar 2.2 Struktur jaringan iris mata (Jensen, 1980)

Secara umum, *iridology* mengukur ada 4 tahap kerusakan pada jaringan iris yaitu:

1. Tahap Akut

Tahap ini adalah tahap dimana organ tubuh sedang aktif melawan penyakit, tahap dimana tubuh akan membuang racun – racun yang menumpuk dan melakukan proses pembersihan. Pada tahap ini kondisi iris akan berubah menjadi memutih.

2. Tahap Sub-akut

Pada tahap ini yang terjadi adalah ketika tubuh sudah mulai kelelahan, sirkulasi tubuh sudah mulai melambat, dan secara perlahan-lahan aktifitas jaringan tubuh berada di bawah normal. Kondisi sub-akut ini ditandai pada iris dengan berubahnya warna putih yang terjadi pada tahap akut menjadi menggelap (menghitam).

3. Tahap Kronis

Pada tahap kronis, sisa proses metabolisme sudah tidak dibuang, impuls saraf mulai mati, dan memungkinkan untuk terkena penyakit yang serius. Penyakit kronis biasanya tidak muncul tiba-tiba, biasanya tubuh berusaha melawan penyakit ini ketika melewati tahap akut dan sub-akut dengan proses pengobatan.

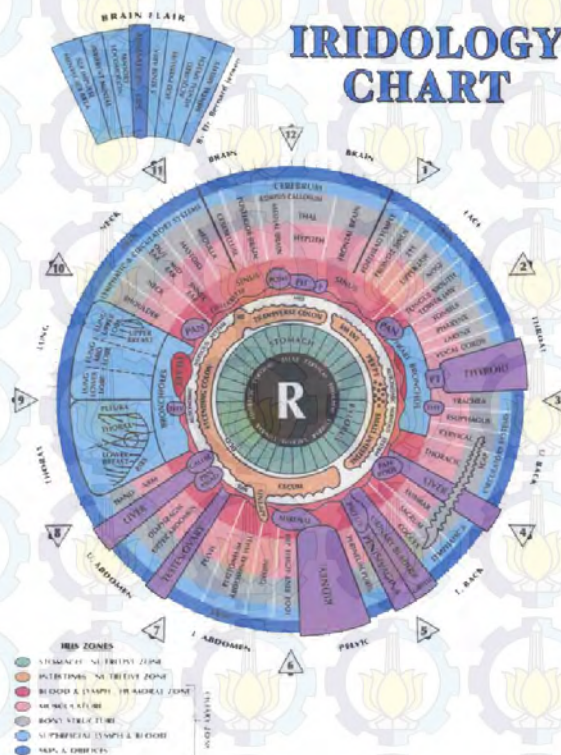
4. Tahap *degenerative*

Pada tahap ini akan yang muncul di iris adalah sebuah lubang hitam dimana lapisan fiber pada iris seolah-olah menghilang. Kondisi ini

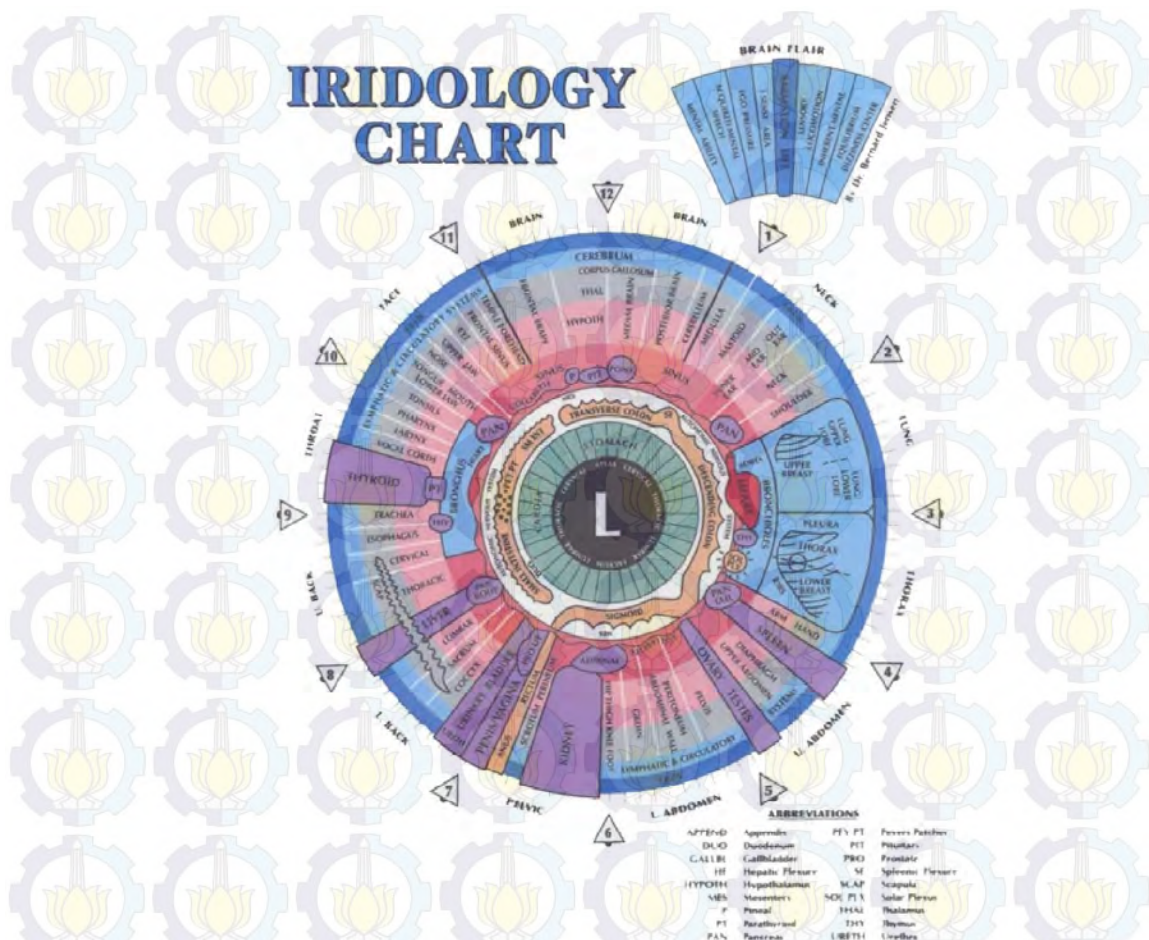
mengindikasikan penyakit yang sangat serius yang sulit untuk disembuhkan.

2.3 Chart Iridology

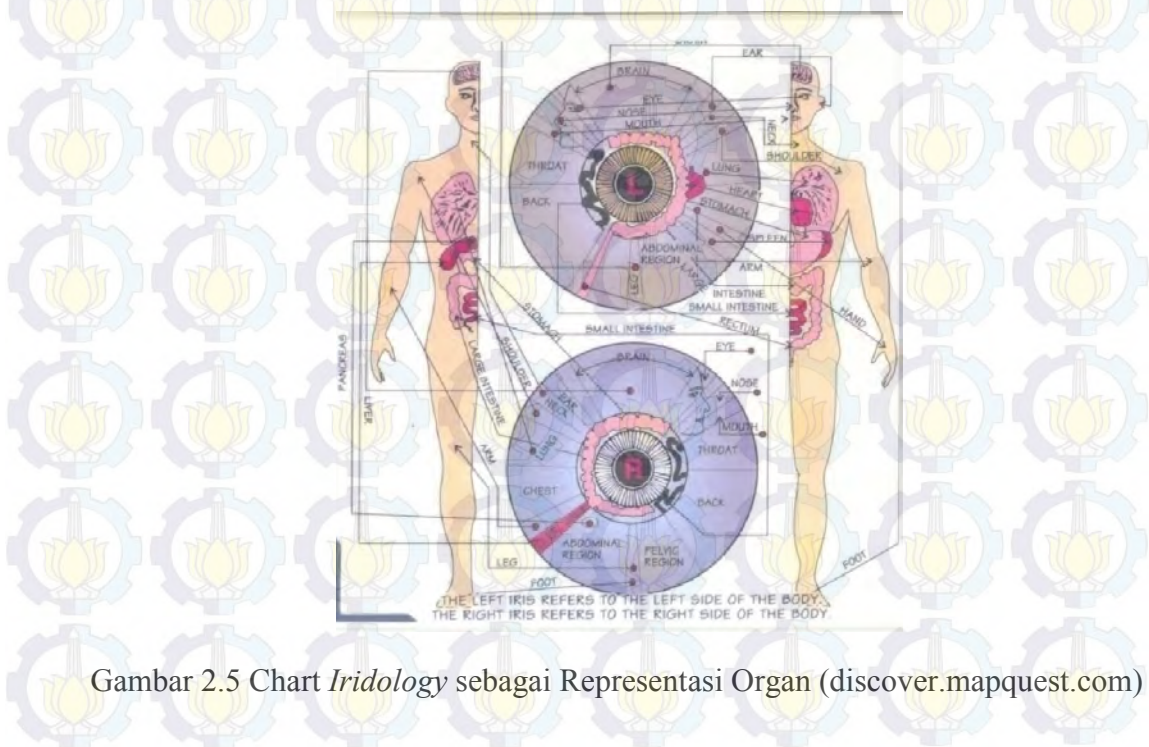
Beberapa praktisi kesehatan telah menggunakan *iridology* untuk mendiagnosa penyakit. Praktisi – praktisi kesehatan ini mengamati dan menganalisis jaringan iris mata pasien dan memetakannya. Perkembangan *iridology* telah menghasilkan *chart iridology* untuk mata kanan seperti pada gambar 2.3 dan gambar 2.4 yang merupakan *chart iridology* untuk mata kiri. *Chart iridology* yang dijadikan acuan pada penelitian ini merupakan *chart* yang dibuat oleh Dr. Bernard Jensen yang mempopulerkan *iridology* di Amerika Serikat pada tahun 1950an. Ginjal salah satu organ dari beberapa organ tubuh yang dapat diamati kondisinya pada iris mata. Organ ginjal berada pada posisi $6.05 - 6.60$ ($272^{\circ} - 288^{\circ}$) untuk mata kanan dan $5.35 - 5.95$ ($252^{\circ} - 268^{\circ}$) untuk mata kiri. Ginjal merupakan sepasang organ yang berukuran kira-kira 12 cm yang berada di belakang abdomen.



Gambar 2.3 Chart *Iridology* untuk mata kanan (www.healthyyournaturally.com)



Gambar 2.4 Chart *Iridology* untuk mata kiri (www.healthyyournaturally.com)



Gambar 2.5 Chart *Iridology* sebagai Representasi Organ (discover.mapquest.com)

Dari hasil pengamatan dan pemetaan yang dilakukan oleh para praktisi *iridology* diperoleh kesimpulan bahwa iris mata kanan merupakan representasi organ tubuh bagian kanan dan iris mata kiri merepresentasikan organ tubuh bagian kiri seperti yang terlihat pada Gambar 2.5.

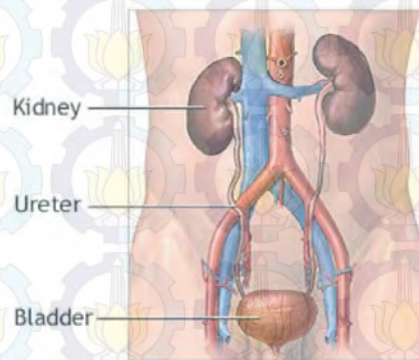
Dalam pendeteksian perubahan jaringan dalam iris mata dibutuhkan pemilihan pengolahan citra yang tepat agar memperoleh hasil yang akurat. Beberapa penelitian terdahulu tentang *iridology*:

1. I Putu Dody Lesmana, I Ketut Edy Purnama, Mauridhi Hery Purnomo (2011) dengan judul "*Abnormal Condition Detection of Pancreatic Beta-Cells as the Cause of Diabetes Mellitus Based on Iris Image*" menyimpulkan bahwa akurasi menemukan area jaringan di iris yang merepresentasikan pankreas adalah 87,5%. Penelitian dilakukan terhadap 30 pasien yang mengidap diabetes mellitus dan 20 orang normal.
2. Adhi Dharma Wibawa, Mauridhi Hery Purnomo (2006) dengan judul "*Early Detection on the Condition of Pancreas Organ as the Cause of the Diabetes Mellitus by Real Time Iris Image Processing*" menyimpulkan bahwa sistem yang digunakan dapat melihat perubahan jaringan pada iris untuk organ pancreas dengan akurasi 94 dengan jumlah data iris yang digunakan sebanyak 34. Dari penelitian ini dikemukakan bahwa *iridology* dapat digunakan sebagai sistem deteksi dini untuk beberapa jenis penyakit.
3. Sheriff E. Hussein, Osama A. Hassan, Malcolm A. Granat (2013) dengan judul "*Assesment of the potential iridology for diagnosing kidney disease using wavelet analysis and neural network*" menyimpulkan *iridology* dapat digunakan untuk mendeteksi keadaan organ ginjal. Pengambilan data yang dilakukan terhadap 136 pasien, dengan 56 orang mengalami masalah ginjal dan 60 orang dengan ginjal sehat. Hasilnya menunjukkan bahwa *false negative* diagnosa sebesar 6% dan *false positive* diagnosa 2%.
4. Adrian Lodin, Sorina Demea (2009) dengan judul "*Design of an Iris-Based Medical Diagnosis System*" membangun sistem yang dapat memproses citra mata dan memberikan analisis keadaan iris yang dapat

digunakan oleh praktisi *iridology* untuk mempermudah diagnosa penyakit yang disesuaikan dengan chart *iridology*.

2.4 Fisiologi Ginjal

Ginjal adalah organ tubuh yang berfungsi untuk mengatur keseimbangan cairan di dalam tubuh. Ginjal menahan zat – zat sisa metabolisme tubuh yang berguna dan membuang yang tidak berguna. Fungsi ginjal ini sangatlah penting mengingat bahwa sel-sel tubuh hanya akan berfungsi dengan baik dalam kondisi cairan tertentu (homeostasis). Dalam keadaan tidak normal, minimal ginjal harus mengeluarkan 0.5 cairan per hari untuk membuang racun dalam tubuh.



Gambar 2.6 Fisiologi Ginjal (renalsource.com)

Beberapa fungsi ginjal yaitu:

1. Mempertahankan keseimbangan kadar air dalam tubuh (H_2O)
2. Mengatur jumlah dan konsentrasi dari ion-ion dalam tubuh
3. Membantu mempertahankan kadar asam dan basa cairan tubuh
4. Membuang sisa metabolisme tubuh yang mengandung racun
5. Membuang berbagai komponen asing seperti obat, bahan aditif makanan, pestisida, dan bahan non-nutrisi lain yang masuk dalam tubuh
6. Memproduksi renin untuk menahan garam

Sistem pengeluaran (ekskresi) tubuh mempunyai dua buah ginjal dan saluran keluar urin. Ginjal mengolah darah yang masuk dari arteri dan mengubah zat – zat berbahaya yang terdapat dalam darah menjadi urin. Urin kemudian akan dikeluarkan melalui uretra. Unit fungsional ginjal yang mampu menghasilkan

urin disebut nefron. Masing – masing ginjal terdiri atas 1 juta nefron yang dipersatukan oleh jaringan ikat. Nefron terdiri atas glomerulus dan tubulus. Dalam pembentukan urin, nefron akan melakukan proses filtrasi dengan mengambil sekitar 20% plasma yang masuk ke dalam nefron tanpa melakukan proses seleksi. Hasil filtrasi diperoleh 125 ml filtrat/menit atau sekitar 180 liter/hari. 178.5 liter akan di reabsorpsi, sehingga hasil sekresi berupa urin orang normal adalah 1.5 liter/hari.

Manusia termasuk dalam golongan heterotrop yang artinya tidak dapat menghasilkan makanan sendiri sehingga harus memakan tumbuhan atau binatang yang memakan tumbuhan untuk mendapatkan energi. Fosfat merupakan protein penting yang terdapat dalam tumbuhan berguna untuk menghasilkan energi. Kreatin fosfat memiliki peran penting dalam menghasilkan energi dalam otot. Kreatin fosfat berfungsi sebagai baterai yang menyimpan energi sisa dari ATP. ATP (Adenosin Triphosphate) merupakan suatu molekul yang terdiri dari 5 molekul yang saling terikat yaitu molekul Adenine, ribose dan 3 fosfat. Ketika ikatan molekul antara fosfat dan adenosin pecah ada energi yang dilepaskan dan fosfat terlepas. Keadaan dimana 1 molekul fosfat terlepas disebut ADP (Adenosin Diphosphate). ADP akan berubah menjadi ATP ketika 1 molekul fosfat ditambahkan. Siklus ini akan berlangsung terus menerus untuk menghasilkan energi. Energi inilah yang disimpan oleh kreatin fosfat. Sedangkan kreatinin adalah sisa dari kreatin fosfat dan kreatin yang terdapat dalam otot yang sudah tidak diperlukan oleh tubuh dan harus diekskresikan oleh ginjal rata – rata 1 atau 2 gram per hari. Rata – rata 2% dari kreatin fosfat dalam tubuh merupakan kreatinin. Kreatinin disalurkan ke ginjal melalui darah. Ginjal sehat membuang keseluruhan dari kreatinin yang terdapat dalam darah menjadi urin. Sehingga normalnya kadar kreatinin dalam urin tinggi dan di dalam darah rendah. Tetapi pada pasien dengan penyakit ginjal dimana ginjal tidak berfungsi dengan baik, jumlah kreatinin yang terdapat dalam darah meningkat sedangkan pada urin akan rendah. Hal inilah yang menyebabkan kreatinin dapat menjadi ukuran untuk mengetahui fungsi ginjal.

2.5 Penyakit Gagal Ginjal Kronis

Penyakit ginjal kronis adalah suatu keadaan dimana menurunnya fungsi ginjal yang berakhir dengan gagal ginjal. Berdasarkan nilai Glomerular Filtration Rate (GFR) yang didasarkan pada jumlah kreatinin di dalam darah dan urin, terdapat lima tahapan penyakit gagal ginjal kronis yaitu:

- 1) $GFR \geq 90 \text{ ml/min/1.73 m}^2$ masih normal dan mendekati normal, tetapi telah terjadi kerusakan ginjal
- 2) $60 \leq GFR \leq 90 \text{ ml/min/1.73 m}^2$ penyakit ginjal akut
- 3) $30 \leq GFR \leq 59 \text{ ml/min/1.73 m}^2$ penyakit ginjal kronis
- 4) $15 \leq GFR \leq 29 \text{ ml/min/1.73 m}^2$ penyakit ginjal kronis berat
- 5) $GFR < 15 \text{ ml/min/1.73 m}^2$ *End Stage Renal Disease (ESRD)*

Biasanya untuk gagal ginjal kronis di tahap – tahap awal, penderita penyakit ini belum merasakan tanda – tanda yang berarti yang mengharuskan pasien untuk melakukan pengobatan. Pasien merasakan efek penyakit ini ketika sudah mencapai tahap akhir. Ada banyak penyebab penyakit gagal ginjal kronis diantaranya Glomeropati Primer (gagal ginjal turunan/bawaan lahir), Diabetes Mellitus, Hipertensi (tekanan darah tinggi), Lupus, Ginjal Polikistik (kista), Asam Urat, Nefropati Obstruksi tetapi pada beberapa kasus tidak diketahui penyebab penyakit gagal ginjal dan masih dalam tahap penelitian dokter.

Untuk memperoleh nilai GFR yang menentukan level penyakit pasien, dibutuhkan tes kreatinin terlebih dahulu. Semakin besar kadar kreatinin dalam darah nilai GFR akan semakin kecil. Ada beberapa persamaan yang digunakan untuk memperkirakan nilai GFR berdasarkan hasil tes kreatinin diantaranya:

1. Persamaan MDRD (Modification of Diet in Renal Disease)

$$GFR = 175 \times S_{CR}^{-1.154} \times Usia^{-0.0203} \times 0.742 \text{ (Jika perempuan)} \times 1.212 \text{ (jika berkulit hitam)} \quad (2.1)$$

Dimana : GFR dalam ml/min/1.73 m^2

S_{CR} adalah Serum kreatinin (miligram per desiliter)

Usia dalam tahun

Persamaan MDRD merupakan persamaan paling sederhana yang digunakan untuk memperkirakan nilai GFR dalam menentukan level keparahan penyakit gagal ginjal kronis. Persamaan ini dikembangkan pada tahun 1999 di Amerika Serikat dengan melibatkan 1628 peserta penelitian baik pria dan wanita. Persamaan ini mengacu pada 4 hal yaitu luas permukaan tubuh, ras, jenis kelamin, dan umur. Akan tetapi setelah dilakukan penelitian yang lebih mendalam oleh para ahli, ditemukan bahwa persamaan ini menjadi tidak akurat cenderung menghitung *underestimate* apabila dipergunakan untuk memperkirakan nilai GFR pada pasien yang memasuki tahap awal dari CRF atau untuk orang normal. Ditemukan juga bahwa persamaan ini tidak akurat apabila digunakan untuk pasien dengan keadaan organ tubuh ada yang diamputasi, pasien dalam keadaan lemah fisik, pasien stroke, dan pasien dengan diet khusus.

2. Persamaan Cockcroft-Gault

$$GFR = \frac{([140 - \text{usia}] \times \text{berat badan})}{7.2 \times S_{CR}} \times 0.85 \text{ (jika wanita)} \quad (2.2)$$

Dimana : GFR dalam ml/min

S_{CR} adalah Serum kreatinin (miligram per desiliter)

Usia dalam tahun

Berat badan dalam kilogram

Persamaan ini pertama kali diperkenalkan oleh Donald W Cockcroft dan M Henry Gault pada tahun 1976. Persamaan ini tidak menetapkan luas permukaan badan tetapi menggunakan berat badan sebagai salah satu kriteria perhitungan.

3. Persamaan CKD-EPI (Chronic Kidney Disease – Epidemiology Collaboration)

Jika Perempuan:

Jika kreatinin ≤ 0.7 mg/dL:

$$GFR = 144 \times (S_{CR}/0.7)^{-0.329} \times 0.993^{\text{Usia}} \quad (2.3)$$

Jika kreatinin > 0.7 mg/dL:

$$GFR = 144 \times (S_{CR}/07)^{-1209} \times 0993^{Usia} \quad (2.4)$$

Jika laki-laki:

Jika kreatinin ≤ 0.9 mg/dL:

$$GFR = 141 \times (S_{CR}/09)^{-0411} \times 0993^{Usia} \quad (2.5)$$

Jika kreatinin > 0.9 mg/dL:

$$GFR = 141 \times (S_{CR}/09)^{-1209} \times 0993^{Usia} \quad (2.6)$$

Dimana : GFR dalam ml/min/1.73 m²

S_{CR} adalah Serum kreatinin (miligram per desiliter)

Usia dalam tahun

Persamaan CKD-EPI merupakan penyempurnaan dari persamaan MDRD agar akurat untuk memperkirakan nilai GFR pada orang yang normal dan mendekati normal. Persamaan ini pertama kali dipopulerkan pada tahun 2009.

Pasien tahap akhir (pasien ESRD) fungsi ginjalnya sudah sangat rendah atau malah sudah tidak berfungsi sama sekali, oleh sebab itu pasien ESRD hanya memiliki 2 pilihan perawatan yaitu transplantasi ginjal dan dialisis.

2.5.1 Transplantasi Ginjal

Transplantasi ginjal dilakukan dengan mencangkokkan ginjal sehat milik orang lain dengan jalan operasi. Pemilihan ginjal yang tepat memerlukan proses pengamatan yang panjang. Selain masalah biaya dan proses pencarian ginjal yang tepat membutuhkan waktu yang relatif lama, hal lain yang menjadi masalah dalam transplantasi adalah proses pasca operasi, bahwa bisa saja ginjal yang telah ditransplantasikan ternyata tidak dapat berfungsi dengan baik di dalam tubuh barunya.

Kelebihan transplantasi ginjal:

- Paling mendekati seperti memiliki ginjal normal.
- Tidak perlu lagi melakukan terapi dialisis begitu ginjal yang baru dicangkokkan berfungsi dengan baik.
- Memungkinkan umur pasien lebih panjang daripada pasien dialisis.

- Asupan makanan dan minuman yang terkontrol lebih sedikit daripada orang normal.
- Pasien merasa lebih sehat dan berenergi.
- Dapat bekerja secara maksimal karena tidak perlu menyediakan waktu untuk melakukan terapi dialisis.

Kekurangan transplantasi ginjal:

- Masa tunggu untuk mendapatkan ginjal tidak menentu menyebabkan pasien dapat mengalami stres.
- Resiko yang mungkin muncul mengingat transplantasi ginjal merupakan salah satu operasi besar.
- Kemungkinan adanya penolakan tubuh terhadap ginjal baru yang menyebabkan ginjal baru ini tidak dapat bertahan lama.
- Dibutuhkan pengobatan medis setiap harinya yang mungkin saja memiliki efek samping.
- Sangat rentan terjadinya infeksi.

Kemungkinan terjadi perubahan penampilan luar disebabkan efek samping dari pengobatan yang dilakukan.

2.5.2 Dialisis

Dialisis merupakan salah satu jenis pengobatan untuk membuang cairan dan racun-racun dalam tubuh. Dialisis dapat dilakukan oleh tubuh sendiri atau dengan mempergunakan mesin di luar tubuh. Dalam laporan tahunan IRR (Indonesian Renal Registry) menyebutkan ada 3 jenis diagnosa penyakit pada pasien yang melakukan terapi dialisis di Indonesia yaitu:

1. Gagal Ginjal Akut (GGA)

Penurunan fungsi ginjal yang terjadi mendadak pada ginjal yang sebelumnya normal

2. Gagal Ginjal Terminal (End Stage Renal Disease)

Fungsi ginjal sangat menurun $GFR < 15 \text{ ml/min/1.73 m}^2$ sehingga dibutuhkan terapi ginjal pengganti untuk menggantikan fungsi ginjal membuang toksin dalam tubuh

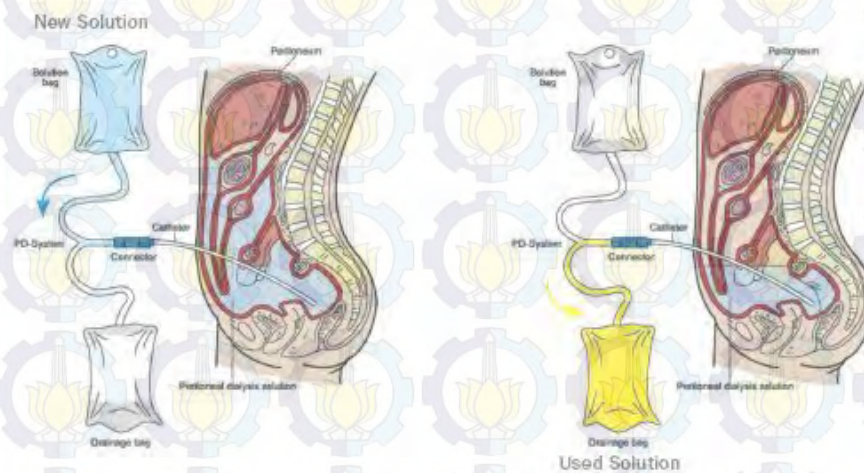
3. Gagal Ginjal Akut pada GJK (Acute on Chronic)

Episode akut pada gagal ginjal kronik yang sebelumnya stabil.

Ada 2 jenis dialisis yang umum digunakan yaitu Peritoneal Dialisis (PD) dan Hemodialisis (HD).

2.5.2.1 Peritoneal Dialisis (PD)

Peritoneal dialisis adalah proses dialisis dilakukan di dalam tubuh dengan memanfaatkan membran peritoneal sebagai filter. Sebelum proses dialisis dimulai sebuah kateter ditempatkan di area perut yang akan menjadi akses untuk cairan masuk dan keluar tubuh. Untuk membuat akses ini dilakukan melalui operasi kecil. Kateter dapat dihubungkan secara langsung dengan tabung PD.



Gambar 2.7 Proses Peritoneal Dialisis (renalsource.com)

Proses awal peritoneal dialisis ini dimulai dengan memasukkan cairan dialisat ke dalam perut. Proses memasukkan cairan ini membutuhkan waktu 10 - 20 menit tergantung pada berapa banyak cairan dialisat yang harus dimasukkan. Banyak cairan dialisat ini tergantung pada beberapa hal antara lain:

1. Ukuran tubuh pasien meliputi besar badan, atau ukuran massa tubuh. Semakin besar ukuran badan pasien jumlah cairan dialisat yang dibutuhkan juga lebih banyak.
2. Kemampuan ginjal dalam menjalankan fungsinya. Berapa sering proses dialisis dilakukan dan berapa banyak cairan dialisat yang diperlukan

ditentukan dari kemampuan ginjal yang tersisa dalam menjalankan fungsinya. Hal ini dapat diukur dengan melakukan tes darah dan tes urin.

3. Kesehatan pasien secara umum. Seberapa kuat tubuh pasien dalam menerima proses pengobatan dan efek dari pengobatan tersebut.

Proses yang terjadi selanjutnya adalah keajaiban yang dapat dilakukan oleh tubuh, dimana membran peritoneal (lapisan perut) dapat bertindak sebagai filter yang melewatkan racun dan cairan yang tidak diperlukan dalam darah memasuki cairan dialisis dan menahan protein dan cairan penting untuk tubuh tetap berada dalam darah. Proses filter ini membutuhkan waktu setidaknya 2 - 4 jam, sehingga cairan dialisis harus tetap berada dalam tubuh. Setelah proses filterisasi selesai (waktu yang dibutuhkan cukup) cairan yang berada di perut yang merupakan pencampuran cairan dialisis dengan racun dan cairan yang tidak dibutuhkan oleh tubuh harus dikeluarkan, cairan ini disalurkan ke dalam kantung kosong yang sudah disediakan. Proses ini kemudian diulangi lagi sesuai dengan petunjuk dokter. Proses dialisis jenis ini dapat dilakukan dimana saja tetapi harus di tempat yang steril.

Ada 2 jenis dari peritoneal dialisis yaitu:

1. CAPD (Continuous Ambulatory Peritoneal Dialysis)

Dengan CAPD proses memasukkan dan mengeluarkan cairan dari dalam tubuh dilakukan secara manual, dan dilakukan 3 atau 4 kali sehari.

2. CCPD (Continuous Cycling Peritoneal Dialysis)

Peritoneal dialisis jenis ini memanfaatkan suatu mesin yang disebut *cycler* untuk melakukan proses penggantian cairan masuk dan keluar dari tubuh.

Jenis ini biasanya dipilih untuk dilakukan ketika malam saat dimana pasien harus tidur atau ketika pasien melakukan perjalanan panjang yang tidak memungkinkan untuk melakukan dialisis.



Gambar 2.8 Ilustrasi penggunaan CCPD (kidneydiseasedoctor.com)

Yang perlu dicermati dalam dialisis jenis ini adalah untuk tetap menjaga agar cateter tetap steril sehingga peritoneal tidak terinfeksi. Peritonitis adalah keadaan dimana peritoneal mengalami infeksi yang dapat mengganggu proses dialisis. Peritonitis ini ditandai dengan adanya uap – uap air di dalam kantung ketika proses pembuangan cairan dari dalam tubuh, kemudian sakit yang tidak biasanya di area perut dan ciri terakhir pasien mengalami demam.

Keuntungan Peritoneal Dialisis

- Gaya hidup pasien tidak berubah banyak dan bebas untuk beraktivitas
- Hanya perlu untuk melakukan pemeriksaan ke dokter sekali sebulan
- Tidak memerlukan jarum suntik setiap kali melakukan dialisis
- Karena prinsip kerja pengobatannya dilakukan terus menerus sehingga dialisis yang dilakukan menyerupai cara kerja alami ginjal
- Tidak perlu melakukan perjalanan ke pusat terapi dialisis karena dapat melakukan terapi dimana saja.
- Dapat melakukan terapi ketika bepergian karena perlengkapan untuk terapi dapat dibawa kemana-mana
- Dapat melakukan terapi bahkan ketika sedang tidur.

Kerugian Terapi Peritoneal Dialisis

- Perlu melakukan penjadwalan untuk melakukan penggantian cairan dan menjadikan jadwal tersebut menjadi kebiasaan setiap hari.
- Memerlukan cateter/tabung yang tetap di luar perut.
- Rentan untuk mengalami infeksi.

- Kemungkinan berat badan naik atau pinggang yang membesar.
- Untuk pasien yang ukuran badannya besar memerlukan terapi yang lebih sering.
- Membutuhkan ruang yang lebih di rumah sebagai tempat menyimpan peralatan untuk terapi.
- Butuh ruang lebih di kamar tidur sebagai tempat menaruh mesin *cycler* untuk peritoneal dialisis jenis CCPD.

2.5.2.2 Hemodialisis (HD)

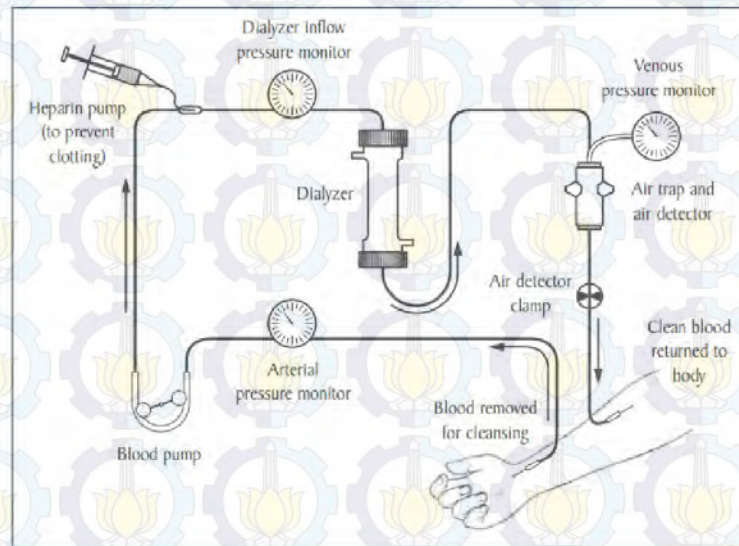
Hemodialisis merupakan proses dialisis yang dilakukan di luar tubuh. Proses pembuangan racun dan cairan dalam tubuh melalui darah dengan menggunakan suatu mesin sebagai pemompa darah keluar dan masuk serta menggunakan dialisat sebagai filter.



Gambar 2.9 Ilustrasi Pengobatan Hemodialisis (e119digital.com)

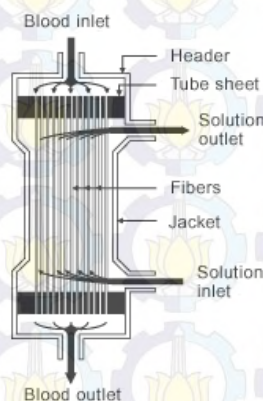
Prosedur cuci darah mencakup pemompaan darah dari arteri dengan kecepatan 150 – 350 ml/menit kemudian darah diberi heparin. Cairan heparin berfungsi sebagai anti koagulan agar darah yang dialirkan tidak membeku. Darah kemudian menuju *dialyzer* sementara cairan dialisat dialirkan secara berlawanan arah dengan kecepatan 300 – 800 ml/menit. Dialisat dikondisikan sedemikian sehingga memiliki derajat konsentrasi yang lebih rendah dari darah, sehingga zat-zat sisa metabolisme berdifusi terhadap dialisat. Selama proses pencucian darah berlangsung udara tidak boleh masuk ke dalam mesin ataupun tabung. *Air trap* dan *air detector* berfungsi untuk memastikan tidak ada udara yang masuk ke dalam mesin dan tabung. Apabila ada udara yang masuk, alarm mesin akan

menyala dan proses pencucian darah akan otomatis dihentikan. *Air detector clamp* berfungsi menghentikan darah yang berisi udara masuk ke dalam tubuh dengan melakukan penjepitan pada tabung yang menuju ke tubuh. Darah bersih hasil filter kemudian dialirkan kembali ke tubuh melalui tabung yang dihubungkan ke vena.



Gambar 2.10 Prinsip kerja mesin Hemodialisis

Cara kerja hemodialisis sederhanaanya adalah darah yang kotor berisi sisa-sisa metabolisme yang seharusnya dibuang dari tubuh dialirkan ke dalam mesin dialisis, mengalami proses filter yang dilakukan oleh *dialyzer* yang membuang racun dan cairan berlebih dalam darah kemudian darah yang sudah bersih dialirkan kembali ke dalam tubuh.



Gambar 2.11 Tampilan dalam *dialyzer*

Komponen utama dalam proses hemodialisis adalah *dialyzer*, cairan dialisat, dan sistem penghantaran darah. *Dialyzer* adalah alat berbentuk kompartemen – kompartemen dengan membran sebagai pembatas. Dialisat adalah cairan yang mampu untuk menarik sisa-sisa metabolisme tubuh dari darah. Di Indonesia cairan dialisat yang digunakan adalah Asetat dan Bikarbonat.



Gambar 2.12 Tampilan *dialyzer* sebenarnya

Dialyzer dalam kenyataannya dapat digunakan beberapa kali. Di Indonesia *dialyzer* paling banyak dapat digunakan 8 kali untuk keadaan normal selama *dialyzer* dapat dibersihkan dengan baik. Untuk kasus khusus apabila *dialyzer* setelah proses pembersihan ternyata masih belum benar – benar bersih, maka *dialyzer* tersebut tidak diperbolehkan untuk digunakan kembali meskipun belum digunakan sebanyak 8 kali. Untuk membersihkan *dialyzer* membutuhkan mesin khusus dan tempat penyimpanan khusus setelah proses pembersihan. Setiap pasien memiliki *dialyzer* masing – masing dan setiap *dialyzer* memiliki label penggunaanya kecuali untuk *dialyzer* baru.



Gambar 2.13 Salah satu contoh mesin pembersih *dialyzer* (tradekorea.com)

Sebelum proses hemodialisis dilakukan, biasanya pada tangan atau leher pasien dilakukan operasi kecil untuk membuat akses untuk darah keluar masuk. Ada 3 jenis akses yang dapat dilakukan yaitu dengan fistula, graft dan kateter.

2.5.2.2.1 Akses Fistula

Akses yang menjadi pilihan pertama adalah fistula yang merupakan penyambungan antara arteri dan vena terdekat yang berfungsi untuk memperbesar pembuluh darah. Akses fistula menjadi pilihan pertama untuk dilakukan karena jenis akses ini memiliki lebih sedikit permasalahan dan akses ini dapat bertahan lama. Untuk pembuatan akses ini melalui proses operasi yang dilakukan oleh dokter spesialis.



Gambar 2.14 Arteriovenous Fistula (kidney.org)

2.5.2.2.2 Akses Graft

Apabila akses fistula tidak memungkinkan dilakukan dikarenakan kondisi pembuluh darah pasien, maka akses graft menjadi pilihan kedua. Akses graft dilakukan dengan menggabungkan arteri dan vena dengan menggunakan suatu tabung lembut yang berbahan sintesis yang aman untuk ditanam di bawah kulit.



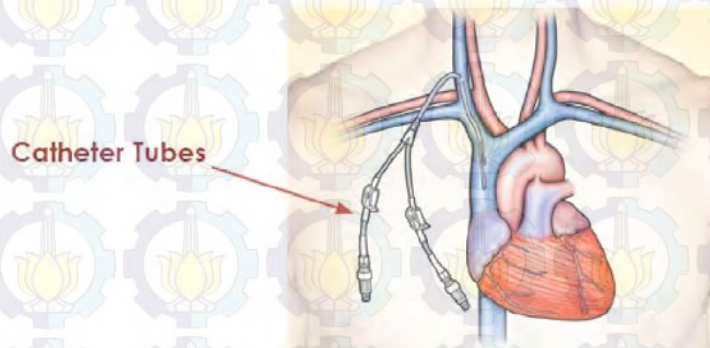
Gambar 2.15 Akses Hemodialisis dengan Graft (kidney.org)

Untuk pembuatan kedua akses ini (fistula dan graft) membutuhkan waktu penyembuhan luka yang lama. Disarankan agar antara proses dimulainya terapi

hemodialisis dengan operasi pembuatan akses memiliki rentang waktu yang agak lama setidaknya 6 bulan. Dengan begitu diharapkan tidak muncul masalah mengenai luka akses yang dapat mengganggu proses terapi. Untuk kedua akses fistula ataupun graft tetap membutuhkan 2 buah jarum suntik. Satu jarum disuntikkan pada arteri dan yang lainnya ke dalam vena. Kedua jarum suntik ini yang dihubungkan dengan tabung yang dihubungkan ke mesin *dialyzer*.

2.5.2.2.3 Akses Cateter

Akses cateter dilakukan dengan menghubungkan suatu cateter (tabung kecil) dengan vena besar yang biasanya dilakukan di area leher atau dada. Akses cateter ini biasanya digunakan untuk pasien yang hanya melakukan pengobatan hemodialisis untuk jangka waktu singkat. Akses cateter dapat tetap digunakan untuk waktu yang lama hanya jika akses yang lainnya tidak memungkinkan untuk dilakukan. Cateter yang tergantung diluar tubuh dapat langsung dihubungkan dengan tabung mesin hemodialisis, sehingga untuk akses ini tidak memerlukan proses penyuntikan dengan 2 buah jarum.



Gambar 2.16 Akses Hemodialisis dengan cateter (kidney.org)

Beberapa hal ini harus dilakukan untuk menjaga akses hemodialisis tetap terjaga dengan baik:

- Harus memastikan bahwa darah masih melewati akses yang dibuat setiap harinya dengan cara menaruh jari di akses yang dibuatkan dan merasakan apakah terasa ada detak.
- Akses hemodialisis tidak boleh ditekan karena dapat menyebabkan resiko darah muncrat.

- Pasien sebaiknya tidak meniduri tangan dimana akses dibuatkan.
- Pasien disarankan agar tidak memegang sesuatu yang berat termasuk menggendong bayi pada tangan yang terdapat akses.
- Seharusnya pasien jangan menggunakan perhiasan ataupun pakaian yang ketat pada daerah sekitar akses.
- Tidak diperbolehkan sembarangan orang untuk mengambil darah atau mengukur tekanan darah pada tangan dimana terdapat akses.

Terapi hemodialisis biasanya dilakukan di rumah sakit atau pusat hemodialisis. Umumnya hemodialisis dilakukan beberapa kali dalam seminggu, ada yang 2 kali seminggu atau 3 kali seminggu tergantung kepada tingkat keparahan ginjal pasien dan daya tahan tubuh pasien serta atas saran dokter. Untuk pasien yang mengalami gagal ginjal secara tiba-tiba atau penyakit gagal ginjal akut, hemodialisis dapat berfungsi untuk mengobati ginjal dan fungsi ginjal dapat berangsur - angsur pulih. Apabila fungsi ginjal sudah membaik maka pasien penyakit gagal ginjal akut tidak perlu lagi melakukan terapi hemodialisis. Tetapi untuk pasien yang mengalami gagal ginjal secara kronis, maka fungsi ginjal tidak dapat dipulihkan lagi. Pasien dengan gagal ginjal kronis harus melakukan hemodialisis untuk sepanjang hidupnya.

Kelebihan pengobatan hemodialisis yang dilakukan di pusat hemodialisis:

- Akan ada perawat dan teknisi mesin yang mempersiapkan segala sesuatu untuk proses hemodialisis.
- Menjalin hubungan/komunikasi antara pasien dengan perawat atau antar sesama pasien.
- Umumnya terapi hemodialisis dilakukan 2-3 kali seminggu, dan butuh waktu 4-5 jam setiap kali terapi.
- Tidak ada peralatan yang harus disimpan di rumah.
- Bantuan medis tersedia selama proses cuci darah berlangsung, sehingga apabila terjadi keadaan gawat darurat dapat segera ditangani.

Kelemahan terapi Hemodialisis yang dilakukan di pusat Hemodialisis

- Harus mendatangi pusat hemodialisis 2-3 kali dalam seminggu dengan jadwal yang sudah tetap.
- Akses hemodialisis yang tetap harus disediakan diutamakan yang berada di tangan.
- Harus menusukkan 2 buah jarum suntik ke akses hemodialisis setiap kali melakukan terapi.
- Pola makan dan minum harus terkontrol. Jumlah cairan yang masuk ke dalam tubuh harus benar – benar dikontrol.
- Rentan untuk mengalami resiko infeksi.

Kemungkinan selama proses cuci darah berlangsung atau sesudahnya pasien mungkin saja mengalami sakit kepala, kaki kram, kecapekan, dan mual.

2.6 Greyscale

Citra *greyscale* merupakan citra yang setiap pikselnya berada dalam rentang gradasi warna hitam dan putih. Pengolahan citra menjadi citra *greyscale* biasanya dilakukan dengan memberikan bobot untuk masing – masing elemen *red*, *green*, dan *blue*. Tetapi cara yang cukup mudah adalah dengan membuat nilai rata – rata dari ketiga elemen dasar warna tersebut dan kemudian mengisi setiap piksel dari citra dengan warna dasar tersebut dengan rata – rata nilai warna yang dihasilkan.

Komponen R memberikan kontribusi 30%, komponen G 60%, dan komponen B 10% terhadap pencahayaan dari warna. Untuk menentukan nilai *greyscale* sesuai dengan menghitung pencahayaan standar yang digunakan oleh industri televisi (Gomes & Velho, 1997) yaitu dengan persamaan 2.7:

$$Greyscale=R*0.299+G*0.587+B*0.114 \quad (2.7)$$

dimana : R : intensitas warna *Red* (merah)

B : intensitas warna *Blue* (biru)

G : intensitas warna *Green* (hijau)

2.7 Algoritma Watershed

Segmentasi dalam pengolahan citra adalah proses memilah-milah suatu citra ke dalam beberapa area sesuai dengan karakteristik yang diinginkan. Dengan

memilah citra akan menghasilkan sesuatu atau beberapa area yang akan mempermudah proses pengambilan informasi yang diinginkan. Selain itu proses segmentasi ini akan mempersingkat waktu dalam pengolahan citra itu sendiri dan memudahkan proses analisis. Terdapat 2 pendekatan utama dalam segmentasi citra yaitu berdasarkan tepi (edge based) dan berdasarkan wilayah (region based).

Analisis *watershed* dapat menyelesaikan segmentasi untuk struktur image yang kompleks. Transformasi watershed adalah metode segmentasi untuk morfologi matematis yang diklasifikasikan berdasarkan *region*. Metode ini memiliki suatu kelemahan yaitu adanya segmentasi berlebihan (*over segmentation*) dari yang seharusnya. Untuk mengatasi masalah *over* segmentasi ini Meyer dan Beucher telah menemukan algoritma baru untuk *watershed* yaitu segmentasi *marker control*. Algoritma *watershed* ini cocok digunakan dalam segmentasi citra iris, karena mampu memberikan respon yang bagus terhadap citra dengan tepi yang lemah.

Input dari algoritma *watershed* adalah *gradient magnitude*. Morfologi gradient dari citra didefinisikan sebagai persamaan 2.8.

$$g(f) = (f \oplus B) - (f \ominus B) \quad (2.8)$$

Dimana: $f \oplus B$ merupakan proses dilasi.

$f \ominus B$ merupakan proses erosi.

Operasi Dilasi dilakukan untuk memperbesar ukuran segmen objek dengan menambah lapisan di sekeliling objek. Sedangkan operasi Erosi merupakan kebalikan dari Dilasi yaitu memperkecil ukuran objek dengan mengikis sekeliling objek. Sehingga secara sederhana untuk memperkirakan gradient magnitude adalah dengan melihat perbedaan dari piksel tertinggi dan terendah. Karena f merupakan fungsi turunan, gradient dapat dihitung dengan persamaan 2.9.

$$g(f) = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2} \quad (2.9)$$

2.8 Operasi Citra Biner

Binerisasi citra adalah salah satu proses penting yang sering dilakukan pada teknik visi komputer dan pengolahan citra. Jenis citra ini adalah sebuah citra dua dimensi dimana sebuah matriks berukuran $M \times N$ yang setiap selnya berisi

representasi nilai logika "True" atau "False" yang disebut juga data logika bilangan 0 atau 1 yang setara dengan nilai intensitas 255 nilai logika 0 dan nilai intensitas 0 untuk nilai logika 1. Dimana bilangan 0 tersebut sering diasosiasikan dengan warna putih dan 1 untuk warna hitam seperti pada gambar 2.17.

0	1	0
0	1	0
1	1	1
0	1	0
0	1	0

Gambar 2.17. Citra biner dan nilai matrik array citra biner

Umumnya citra biner terbentuk dari intensitas citra yang mengalami proses *thresholding*. Proses ini sangat sederhana, pertama-tama tetapkan sebuah nilai T yang terletak diantara range nilai intensitas. Ubah nilai intensitas dari setiap piksel dengan mengikuti aturan pada persamaan 2.10.

$$g(n) = \begin{cases} 0, & \text{jika } f(n) \geq T \\ 1, & \text{jika } f(n) < T \end{cases} \quad (2.10)$$

Komplemen dari biner adalah mengubah aturan *thresholding* secara terbalik.

2.9 Hubungan Ketetanggaan Piksel

Piksel-piksel yang saling terhubung dalam suatu region disebut *connected* bila mematuhi aturan *adjacency* atau aturan "kedekatan" piksel seperti pada gambar 2.18. Dengan demikian piksel-piksel dikatakan *connected* pada dasarnya memiliki sifat *adjacency* (kedekatan) satu sama lain yang masih memiliki hubungan *neighbourhood* atau ketetanggaan. Misalkan piksel p pada koordinat (x, y) memiliki 4 tetangga secara horizontal dan vertikal yaitu (x-1, y), (x+1, y), (x, y-1) dan (x, y+1). 4 titik seperti ini disebut 4-tetangga ($N_4(p)$). 4 koordinat bertetangga secara diagonal disebut $N_D(p)$ sedangkan 4 tetangga dan 4 koordinat diagonal disebut 8-tetangga ($N_8(p)$) seperti terlihat pada gambar 2.18. Ketetanggaan harus berjarak langsung antara piksel dengan piksel tanpa ada perantara.

	$(x,y-1)$	
$(x-1,y)$	P	$(x+1,y)$
	$(x,y+1)$	

$(x-1,y-1)$	$(x,y-1)$	$(x+1,y-1)$
$(x,y-1)$	P	$(x,y+1)$
$(x-1,y+1)$	$(x,y+1)$	$(x+1,y+1)$

Gambar 2.18. Bentuk-bentuk ketetanggaan piksel
(kanan) 4-tetangga, (kiri) 8-tetangga

2.10 Pelabelan Piksel Citra Biner dan Perhitungan Area

Citra dalam bentuk biner dilakukan pelabelan yaitu dengan proses *scanning* untuk mencari piksel yang saling berhubungan/bertetangga A dengan piksel p menggunakan aturan elemen struktur yaitu 4-tetangga seperti pada gambar 2.17, proses iterasi dilakukan sampai memenuhi $X_k = X_{k-1}$. Proses pelabelan digunakan persamaan 2.11.

$$X_k = (X_{k-1} \oplus B) \cap A, \quad k = 1, 2, 3, 4, 5, \dots, n \quad (2.11)$$

untuk, $X_k = p$

B = Element Struktur

A = set piksel yang bernilai 1.

$k-1$ = Jumlah iterasi.

Setelah proses binerisasi selanjutnya dilakukan pelabelan pada piksel yang saling bertetangga dengan memanfaatkan teori ketetanggaan piksel pada citra biner, selanjutnya di hitung ukuran area dari masing-masing *region* piksel yang telah dilabel untuk diurutkan sehingga diperoleh ukuran area A_i dari *region* piksel yang telah dilabel O_i . Untuk melakukan pengukuran luas area piksel yang telah dilakukan pelabelan menggunakan persamaan :

$$A_i = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} O_i(x, y) \quad (2.12)$$

2.11 Normalisasi Data

Normalisasi data sangat diperlukan ketika data yang ada bernilai terlalu besar maupun terlalu kecil sehingga pengguna kesulitan dalam memahami informasi yang dimaksud. Persamaan 2.13 merupakan salah satu cara

menormalisasi data ke dalam suatu rentang nilai dengan tidak mengurangi bobot nilai sebenarnya.

$$\text{Normalisasi}(x) = \frac{\minRange + (x - \minValue)(\maxRange - \minRange)}{\maxValue - \minValue} \quad (2.13)$$

dimana: x : nilai yang akan dinormalisasi

\minRange : batas nilai minimum normalisasi yang diinginkan

\maxRange : batas nilai maksimum normalisasi yang diinginkan

\minValue : nilai terendah dari data set

\maxValue : nilai tertinggi dari data set

Jika rentang nilai normalisasi yang diinginkan berada pada rentang $[0, 1]$, maka dapat juga menggunakan persamaan 2.14:

$$\text{Normalisasi} = \frac{x - \minValue}{\maxValue - \minValue} \quad (2.14)$$

2.12 Support Vector Machine (SVM)

SVM merupakan salah satu teknik klasifikasi yang paling banyak digunakan. SVM berada di kategori yang sama dengan NN (Neural Network) yang merupakan *supervised learning*. Konsep SVM secara sederhana adalah menemukan *hyperplane* (fungsi pemisah) terbaik yang dapat memisahkan dua set data dari dua kelas yang berbeda. *Hyperplane* terbaik dapat ditemukan dengan mengukur *margin hyperplane* dan mencari titik maksimalnya. *Margin* adalah jarak antara *hyperplane* dengan fungsi terdekat dari setiap kelas. Subdata yang berada paling dekat dengan *hyperplane* disebut sebagai *Support Vector*.

Misalkan data yang tersedia dinotasikan sebagai $\vec{X} \in R^d$ dan label yang akan digunakan adalah $y_i \in \{-1, +1\}$ untuk $i = 1, 2, \dots, l$ dimana l adalah banyaknya data. Kelas positif dinotasikan sebagai $+1$ dan kelas negatif dinotasikan dengan -1 . Dengan asumsi bahwa kedua kelas ini dapat terpisah secara sempurna oleh *hyperplane* berdimensi d yang dapat di definisikan dengan persamaan 2.15.

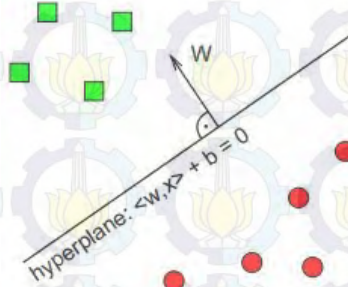
$$\vec{w}\vec{x} + b = 0 \quad (2.15)$$

Pola \vec{x}_i yang termasuk ke dalam kelas positif harus memenuhi pertidaksamaan 2.16.

$$\vec{w}\vec{x} + b \geq +1 \quad (2.16)$$

Pola \vec{x}_i yang termasuk ke dalam kelas negative harus memenuhi pertidaksamaan 2.17.

$$\vec{w}\vec{x} + b \leq -1 \quad (2.17)$$



Gambar 2.17 Ilustrasi tentang Hyperplane

Margin terbesar ditemukan dengan memaksimalkan jarak antara hyperplane dengan titik terdekatnya, yaitu $1/\|\vec{w}\|$ (dimana $\|\vec{w}\|$ merupakan normalisasi vector weight w). Hal ini dapat dirumuskan sebagai *Quadratic Programming* (QP) yaitu dengan mencari titik minimal persamaan 2.18 dengan memperhatikan *constraint* persamaan 2.19.

$$\min_{\vec{w}} \tau(w) = \frac{1}{2} \|\vec{w}\|^2 \quad (2.18)$$

$$y_i(\vec{x}_i\vec{w} + b) - 1 \geq 0, \quad \forall i \quad (2.19)$$

Permasalahan ini dapat diselesaikan dengan beberapa teknik komputasi, salah satunya adalah Lagrange Multiplier seperti pada persamaan 2.20.

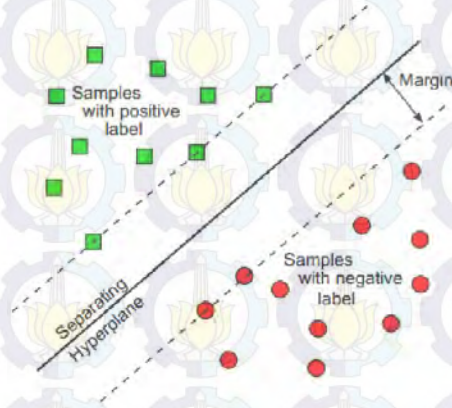
$$L(\vec{w}, b, \alpha) = \frac{1}{2} \|\vec{w}\|^2 - \sum_{i=1}^l \alpha_i (y_i(\vec{x}_i\vec{w} + b) - 1) \quad (2.20)$$

dimana $i = 1, 2, \dots, l$

α_i adalah Lagrange Multipliers yang bernilai nol atau positif ($\alpha_i \geq 0$). Nilai optimal dari persamaan 2.20 dapat dihitung dengan meminimalkan L terhadap \vec{w} dan b , dan memaksimalkan L terhadap α_i . Dengan memperhatikan sifat bahwa pada titik optimal gradient $L = 0$, persamaan 2.20 dapat dimodifikasi sebagai maksimalisasi masalah yang hanya mengandung α_i saja sebagaimana pada persamaan 2.21.

$$\sum_{i=1}^l \alpha_i - \frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^l \alpha_i \alpha_j y_i y_j \vec{x}_i \vec{x}_j \quad (2.21)$$

dimana $\alpha_i \geq 0 (i = 1, 2, \dots, l)$ dan $\sum_{i=1}^l \alpha_i y_i = 0$



Gambar 2.18 Ilustrasi pemisahan data training dengan margin maksimal

2.12.1 Non Linier SVM

Umumnya dua buah kelas tidak terpisah secara sempurna hal ini menyebabkan persamaan 2.19 tidak dapat dipenuhi dan optimisasi tidak dapat dilakukan. Untuk mengatasi hal ini diperkenalkan teknik *softmargin* pada SVM dengan merubah persamaan 2.19 menambahkan *slack variabel* ξ_i ($\xi_i > 0$) seperti pada persamaan 2.22 (Burges, 1998).

$$y_i(\vec{x}_i \vec{w} + b) \geq 1 - \xi_i, \quad \forall i \quad (2.22)$$

Sehingga persamaan 2.17 juga berubah menjadi persamaan 2.23.

$$\min_{\vec{w}} \tau(\vec{w}, \xi) = \frac{1}{2} \|\vec{w}\|^2 + C \sum_{i=1}^l \xi_i \quad (2.23)$$

Parameter C yang akan mengontrol *tradeoff* antara margin dan error klasifikasi ξ .

Selanjutnya, bentuk *primal problem* sebelumnya dirubah menjadi :

$$Lp = \frac{1}{2} |w|^2 + C \sum_{i=1}^n \xi_i - \sum_{i=1}^n \alpha_i \{y_i(x_i \cdot w + b) - 1 + \xi_i\} - \sum_{i=1}^n \mu_i \xi_i \quad (2.24)$$

Dengan cara yang sama dengan penurunan persamaan *dual problem* pada data linier, maka persamaan *dual problem* untuk data nonlinier seperti pada persamaan 2.25:

$$L_D(w, b, \alpha) = \sum_{i=1}^n \alpha_i - \frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^n \alpha_i \alpha_j y_i y_j x_i x_j \quad (2.25)$$

dimana untuk nilai α_i adalah $0 \leq \alpha_i \leq C$.

Metode lain untuk menyelesaikan permasalahan data nonlinier dalam SVM adalah dengan cara memetakan data ke ruang dimensi lebih tinggi (ruang ciri atau *feature space*) (Burges, 1998), dimana data pada ruang tersebut dapat dipisahkan secara linier, dengan menggunakan transformasi ϕ .

$$\phi: \mathcal{R}^d \mapsto H \quad (2.26)$$

Dengan demikian algoritma pelatihan tergantung dari data melalui *dot product* dalam H . sebagai contoh $\phi(x_i) \cdot \phi(x_j)$ jika terdapat fungsi kernel K , sedemikian hingga $K(x_i, x_j) = \phi(x_i) \cdot \phi(x_j)$, dengan demikian dalam proses pelatihan hanya memerlukan fungsi kernel K , tanpa harus mengetahui seperti apa proses transformasi ϕ secara pasti.

Dengan cara mentransformasikan $x_k \rightarrow \phi(x_k)$, maka nilai w menjadi

$$w = \sum_{i=1}^{N_{sv}} \alpha_i y_i \phi(x_i) \text{ dan fungsi pembelajaran menjadi :}$$

$$f(x_d) = \sum_{i=1}^{N_{sv}} \alpha_i y_i \phi(x_i) \cdot \phi(x_d) + b \quad (2.27)$$

Feature space biasanya mempunyai dimensi yang lebih tinggi, hal ini mengakibatkan komputasi pada *feature space* mungkin sangat besar. Untuk mengatasi hal ini maka digunakan “*kernel trick*” atau $K(x_i, x_j) = \phi(x_i) \cdot \phi(x_j)$, maka persamaan 2.19 menjadi:

$$f(x_d) = \sum_{i=1}^{N_{sv}} \alpha_i y_i K(x_i, x_d) + b \quad (2.28)$$

dimana N_{sv} adalah jumlah *support vectors*.

2.12.2 Support Vector Machine untuk multi kelas

SVM pada mulanya dikembangkan oleh Vapnik untuk klasifikasi biner (dua kelas). Namun karena permasalahan yang banyak dijumpai di dunia nyata adalah permasalahan klasifikasi lebih dari dua kelas maka selanjutnya dikembangkan klasifikasi *multi kelas* (banyak kelas). Secara umum terdapat dua pendekatan untuk menyelesaikan permasalahan klasifikasi menggunakan SVM untuk *multi kelas*.

2.12.2.1 Metode *One Against One* untuk multi kelas

Metode SVM *one against one* adalah salah satu metode untuk mengimplementasi SVM untuk *multi kelas* dengan menggunakan pendekatan yang kedua. Model klasifikasi biner yang dibangun menggunakan metode ini dapat dihitung dengan mengikuti persamaan 2.29 :

$$\min_{w^{ji}, b^{ji}, \xi^{ji}} \frac{1}{2} (w^{i,j})^T w^{i,j} + C \sum_t \xi_t^{i,j}$$

$$(w^{i,j})^T \varphi(x_t) + b^{i,j} \geq 1 - \xi_t^{ji}, \text{ jika } y_t = i,$$

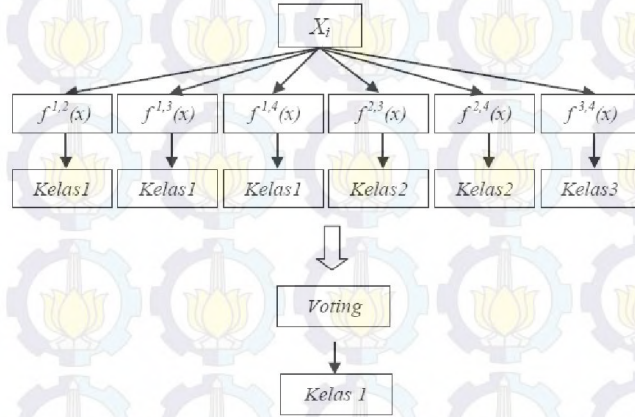
$$(w^{i,j})^T \varphi(x_t) + b^{i,j} \leq -1 + \xi_t^{ji}, \text{ jika } y_t \neq j,$$

$$\xi_t^{i,j} \geq 0. \quad (2.29)$$

Pada tahap pelatihan, setiap model klasifikasi dilatih menggunakan data latih dari dua kelas. Sedangkan pada tahap pengujian terdapat beberapa cara untuk melakukan pengujian setelah semua $k(k-1)/2$ model klasifikasi telah selesai dibangun. Salah satunya cara yang dapat digunakan adalah dengan menggunakan metode voting (Hsu, 2002). Contoh penggunaan metode SVM *one against one* dapat ditunjukkan pada tabel 2.1 dan gambar 2.20.

Tabel 2.1 Contoh metode *one against one* untuk 4 SVM biner

$y_i = 1$	$y_i = -1$	Hipotesis
Kelas 1	Kelas 2	$f^{1,2}(x) = (w^{1,2})x + b^{1,2}$
Kelas 1	Kelas 3	$f^{1,3}(x) = (w^{1,3})x + b^{1,3}$
Kelas 1	Kelas 4	$f^{1,4}(x) = (w^{1,4})x + b^{1,4}$
Kelas 2	Kelas 3	$f^{2,3}(x) = (w^{2,3})x + b^{2,3}$
Kelas 2	Kelas 4	$f^{2,4}(x) = (w^{2,4})x + b^{2,4}$
Kelas 3	Kelas 4	$f^{3,4}(x) = (w^{3,4})x + b^{3,4}$



Gambar 2.20 Metode Klasifikasi SVM *one against one* (Krisantus ,2007)

Dari gambar 2.20 jika data x_i dimasukkan ke dalam fungsi yang didapatkan dari tahap pelatihan pada persamaan 2.28 :

$$f(x) = (w^i)^T \phi(x) + b \quad (2.30)$$

Apabila hasil yang didapatkan x adalah termasuk kelas i , maka kelas i mendapatkan satu suara (*vote*). Dan selanjutnya data x_i diujikan ke semua model klasifikasi yang didapatkan dari tahap pelatihan. Dan pada akhirnya kelas dari data x ditentukan dari jumlah perolehan suara terbanyak. Apabila terdapat dua buah kelas yang memiliki jumlah suara yang sama, maka kelas dengan indeks yang lebih kecil dinyatakan sebagai kelas dari data yang diujikan.

2.12.2.2 Metode *One Against All* untuk multi kelas

Metode ini akan membangun sejumlah k SVM biner, dimana k adalah banyaknya kelas (Hsu, 2002). SVM ke- i dilatih dengan seluruh sampel pada kelas ke- i dengan label kelas positif dan seluruh sampel lainnya dengan label kelas negatif. Jika diberikan l data pelatihan $(x_i, y_i), \dots, (x_l, y_l)$, dimana $x_i \in \mathcal{R}^n, i = 1, \dots, l$ dan $y_i \in \{1, \dots, k\}$ adalah kelas dari x_i , maka SVM ke- i akan menyelesaikan permasalahan seperti pada persamaan 2.31 :

$$\begin{aligned} \min_{w^i, b^i, \xi^i} \quad & \frac{1}{2} (w^i)^T w^i + C \sum_{j=1}^l \xi_j^i (w^i)^T \\ & (w^i)^T \phi(x_j) + b^i \geq 1 - \xi_j^i, \quad \text{jika } y_j = i \\ & (w^i)^T \phi(x_j) + b^i \leq -1 + \xi_j^i, \quad \text{jika } y_j \neq i \\ & \xi_j^i \geq 0, \quad j = 1, \dots, l \end{aligned} \quad (2.31)$$

dimana data pelatihan x_i dipetakan ke ruang dimensi tinggi yang lebih tinggi dengan menggunakan fungsi φ dan C sebagai parameter pinalti.

Meminimalisasi $\frac{1}{2}(w^i)^T w^i$ berarti memaksimalkan $\frac{2}{|2|^2}$ atau margin antara dua kelompok data. Ketika data tidak terpisah secara linier, maka terdapat pinalti sebesar $C \sum_{j=1}^l \xi_j^i$ yang dapat mengurangi jumlah *error* pelatihan. Ide dari SVM

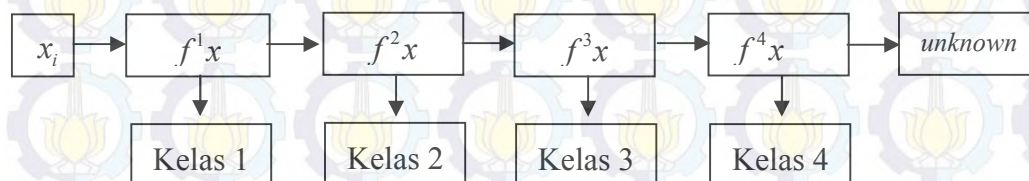
adalah menyeimbangkan regulasi $\frac{1}{2}(w^i)^T w^i$ dan error pelatihan. Setelah menyelesaikan permasalahan pada minimalisasi, maka terdapat sejumlah k fungsi keputusan. $f^1(x) = (w^1)x + b^1, \dots, f^k(x) = (w^k)x + b^k$

Kelas data x akan ditentukan berdasarkan nilai fungsi keputusan yang tertinggi.

Untuk pencarian solusi minimasi diatas menggunakan *quadratic programming*.

Tabel 2.2 Contoh metode *one against all* untuk 4 SVM biner

$y_i = 1$	$y_i = -1$	Hipotesis
Kelas 1	Bukan Kelas 1	$f^1(x) = (w^1)x + b^1$
Kelas 2	Bukan Kelas 2	$f^2(x) = (w^2)x + b^2$
Kelas 3	Bukan Kelas 3	$f^3(x) = (w^3)x + b^3$
Kelas 4	Bukan Kelas 4	$f^4(x) = (w^4)x + b^4$



Gambar 2.21 Contoh klasifikasi *One Against All* untuk 4 kelas

Langkah-langkah yang dilakukan untuk proses klasifikasi pada pasien Hemodialisis dan orang normal dan mendekati normal:

1. Normalisasi/*scaling* pada set data vektor fitur hasil ekstraksi ciri.
2. Memetakan data tidak linear data ke ruang dimensi lebih tinggi menggunakan *fungsi kernel*.

3. Menentukan parameter terbaik regulasi C dan parameter kernel γ (gamma) menggunakan *gridsearch*.
4. Menggunakan parameter terbaik C dan γ (gamma) untuk dilakukan pelatihan.
5. Proses pengujian
6. Mendapatkan *Confussion matrix* hasil pengujian

2.13 Akurasi dan *Recall*

Hasil yang diperoleh pada tahap klasifikasi dilakukan proses perbandingan sehingga diperoleh empat nilai yaitu masing-masing adalah *true positive*, *false positive*, *true negative* dan *false negative*. Untuk mengukur akurasi klasifikasi pada setiap kelasnya berdasarkan tabel *confussion matrix* ditunjukkan seperti pada tabel 2.3.

Tabel 2.3 *Confussion matrix* untuk kasus klasifikasi biner

Confussion Matrix		Kelas Prediksi	
		Negatif	Positif
Kelas Aktual	Negatif	TN	FN
	Positif	FP	TP

Dimana untuk pengukuran klasifikasi biner,

TN (true negative) adalah jumlah prediksi negatif yang benar

TP (true positive) adalah jumlah prediksi positif yang benar

FP (false positive) adalah jumlah prediksi positif yang salah

FN (false negative) adalah jumlah prediksi negatif yang salah.

Berdasarkan tabel 2.3 untuk pengukuran akurasi (*precision*) dan *recall* dari hasil klasifikasi menggunakan persamaan 2.32 dan 2.33 :

$$precision = \frac{TP}{TP + FP} \quad (2.32)$$

$$recall = \frac{TP}{FN + TP} \quad (2.33)$$

Untuk klasifikasi dengan kasus multi kelas, proses pengukuran akurasi multi kelas untuk nilai *True positive* A (tpA) adalah jumlah prediksi A yang

benar. *False positive* (eBA, eCA) adalah jumlah data yang terprediksi positif yang salah. Nilai *True negatif* (tpB, tpC) menunjukkan jumlah kelas aktual dan yang terprediksi benar pada kelas tersebut (B,C). Nilai *False negative* (eAB, eCB, eAC, eBC) mengelompokkan kelas yang diprediksi berbeda dari kelas aktual. Pemetaan dari masing-masing nilai tersebut dapat dilihat di *confussion matrix* pada tabel 2.4.

Tabel 2.4 *Confussion Matrix* untuk kasus klasifikasi multi kelas

<i>Confussion Matrix</i>		Kelas Prediksi		
		A	B	C
Kelas Aktual	A	tpA	eAB	eAC
	B	eBA	tpB	eBC
	C	eCA	eCB	tpC

Berdasarkan nilai yang telah diperoleh tersebut dapat dihitung nilai kepresisian atau kecocokan terhadap data pengujian dan data pelatihan dan proporsi jumlah data pengujian yang sesuai kelasnya berdasarkan pelatihan menggunakan persamaan 2.26 dan 2.27

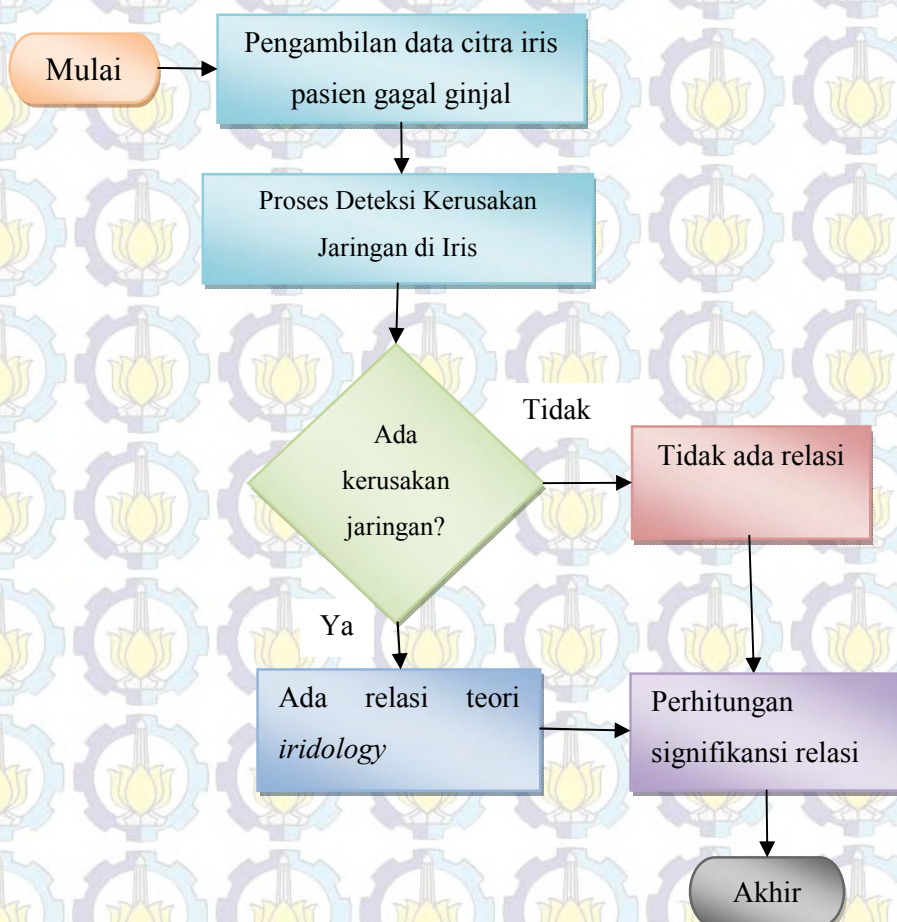
$$precision\ A = \frac{tpA}{tpA + eBA + eCA} \quad (2.34)$$

$$recall\ A = \frac{tpA}{tpA + eAB + eAC} \quad (2.35)$$

BAB III

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini metodologi penelitian yang digunakan seperti pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian

3.1 Pengambilan Data Pasien Gagal Ginjal

Dalam penelitian ini yang menjadi hal utama merupakan pengambilan citra mata pasien yang sudah di diagnosa telah mengalami penyakit gagal ginjal stadium akhir yang rutin melakukan terapi hemodialisis. Terapi Hemodialisis biasanya dilakukan di pusat Hemodialisis yang dapat diadakan oleh rumah sakit

atau klinik. Maka hal pertama yang dilakukan adalah mencari pusat hemodialisis yang ada di kota Surabaya. Untuk dapat melakukan pengambilan data beberapa hal ini harus dilakukan:

1. Mencari tahu bagaimana prosedur perijinan pengambilan data di RS tersebut.
2. Melengkapi kebutuhan administrasi yang diminta oleh rumah sakit dalam hal ini adalah surat pegantar dari kampus dan proposal permohonan pengambilan data.
3. Pengurusan *ethical clearance* yang dilakukan di RS meliputi presentasi mengenai topik penelitian di hadapan dewan kode etik RS.
4. Penentuan jadwal pengambilan data.

Data yang akan diolah adalah data citra iris mata pasien yang sudah di diagnosa oleh nefrolog yaitu dokter spesialis ginjal telah menderita penyakit gagal ginjal kronis stadium akhir (End Stage Renal Disease/ESRD) dan harus menjalani perawatan Hemodialisis (cuci darah). Jumlah pasien yang diambil citra matanya sebanyak 61 pasien. Dalam pengambilan data ini peneliti bekerja sama dengan pihak rumah sakit. Adapun langkah – langkah yang dilakukan dalam proses pengambilan data:

1. Peneliti memberi informasi kepada pasien tentang rencana dan keperluan peneliti untuk mengambil citra iris pasien.
2. Memberikan pasien penjelasan tentang prosedur penelitian dan memberikan pengertian bahwa peneliti tidak akan menyakiti pasien (metode yang dilakukan *non invasive*)
3. Pasien yang bersedia menjadi peserta terlebih dahulu menandatangani *informed consent* yang sudah disediakan.
4. Pasien diambil video citra matanya dengan menggunakan kamera *iridology* Dinolite, dengan urutan mata kanan selalu diambil lebih dahulu, kemudian video citra mata kiri.
5. Selama proses pengambilan video, peneliti memperhatikan dengan seksama apakah data yang diambil sudah tepat atau belum.

6. Apabila sudah tepat maka dilanjutkan ke pasien selanjutnya, tetapi apabila data yang diambil kurang bagus maka dilakukan proses pengambilan data ulang.
7. Setiap kali pasien sudah diambil citra matanya, data tersebut langsung dipindahkan ke dalam folder tersendiri sesuai dengan nama pasien untuk menghindari ada data yang tertukar.
8. Setelah proses pengambilan data selesai dilanjutkan dengan sesi wawancara untuk mengetahui riwayat penyakit pasien dan menanyakan hasil laboratorium kreatinin pasien.
9. Proses selanjutnya adalah pemberian kenang – kenangan kepada peserta penelitian sebagai wujud terimakasih peneliti atas partisipasinya dalam penelitian ini.
10. Selama proses pengambilan data peneliti dibawah pengawasan pihak rumah sakit



Gambar 3.2 Proses Pengambilan Citra Mata Pasien

Sebagai bahan perbandingan, peneliti juga mengambil citra mata 21 orang normal dan mendekati normal dengan nilai GFR lebih dari 90 ml/min/1.73m².

Setiap orang yang diambil datanya terlebih dahulu melakukan tes laboratorium

kreatinin untuk dapat menghitung nilai GFR setiap orang. Kriteria partisipan yang diambil datanya:

1. Tidak pernah memiliki riwayat penyakit ginjal kronis maupun akut.
2. Memiliki nilai GFR lebih dari $90 \text{ ml/min/1.73m}^2$.
3. Berada di usia produktif 22 – 45 tahun.
4. Tidak ada batasan jenis kelamin.

Dengan menggunakan persamaan yang dibahas di bab sebelumnya maka dari kreatinin dapat diperkirakan nilai GFRnya. Hasil laboratorium mencantumkan kreatinin dan nilai GFR setiap partisipan yang dihitung dengan menggunakan persamaan MDRD. Tetapi menurut penelitian bahwa persamaan MDRD (persamaan 2.1) ini kurang akurat apabila digunakan untuk memperkirakan nilai GFR orang normal dan mendekati normal maka peneliti menggunakan persamaan CKD-EPI (persamaan 2.3, 2.4, 2.5, dan 2.6) untuk menentukan nilai GFR partisipan normal. Namun untuk menghitung GFR pasien Hemodialisis peneliti menggunakan persamaan MDRD.

Pengambilan data citra mata pasien Hemodialisis maupun orang normal dan mendekati normal menggunakan kamera khusus *iridology* yaitu AMH-RUT Spesifikasi Dinolite Digital Iriscope:

- Resolusi 1.3M piksel
- Pembesaran yang dapat diatur hingga 20 kali
- Terdapat 2 white-light LED illumination
- Kecepatan frame hingga 30 frame per second (VGA), 15 fps (1.3M)
- Interface: transmisi citra dengan USB berkecepatan tinggi
- Dengan kemampuan pengukuran dan kalibrasi
- Mendukung OS Windows Vista, XP atau Windows Server 2003

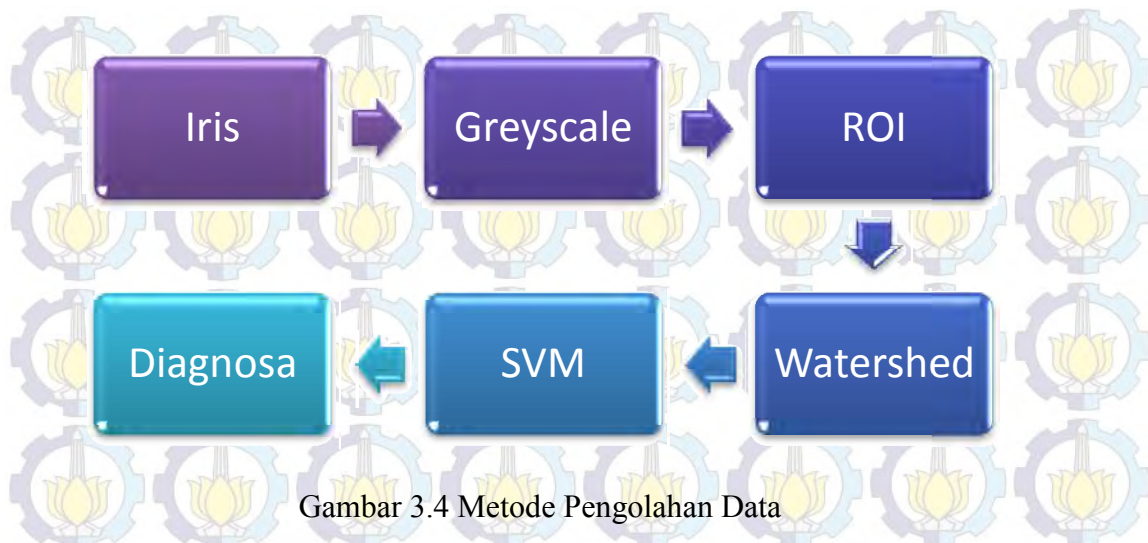


Gambar 3.3 Kamera AMH-RUT Dinolite Digital Iriscope (techedu.com)

3.2 Proses Deteksi Lubang/Kerusakan Jaringan di Iris

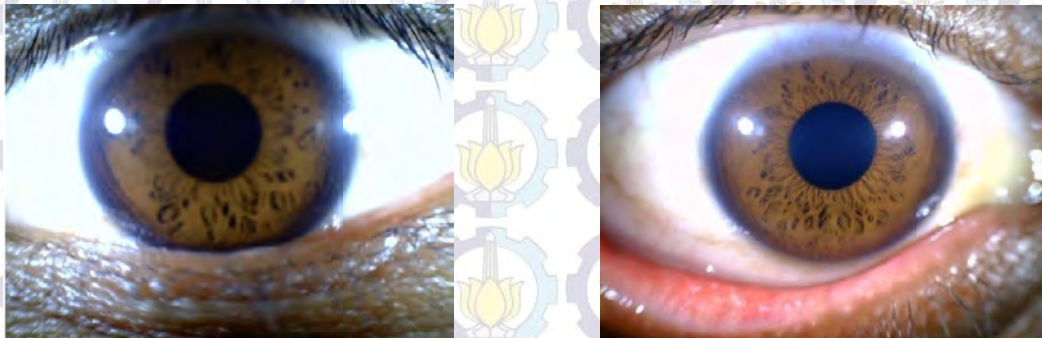
Proses pendeteksian lubang/kerusakan jaringan di iris yang digunakan oleh peneliti seperti pada gambar 3.3. Dalam proses pengolahan data, citra mata yang diperoleh terlebih dahulu akan dilakukan proses lokalisasi untuk mendapatkan ROI (Region of Interest). Daerah yang secara spesifik diteliti dalam lingkaran iris berada pada posisi $5.35\text{--}5.95$ ($252^{\circ}\text{--}268^{\circ}$) untuk mata kanan yang merepresentasikan ginjal kanan dan posisi $6.05\text{--}6.60$ ($272^{\circ}\text{--}288^{\circ}$) untuk mata kiri yang merepresentasikan organ ginjal bagian kiri dengan asumsi keseluruhan lingkaran iris dibagi dengan 120 (360°). ROI ini merupakan area didasarkan pada chart *iridology* seperti pada gambar 2.3 dan gambar 2.4. Citra iris yang diperoleh pertama kali akan diubah menjadi gambar *greyscale*. Dengan menggunakan algoritma *watershed* akan didapatkan luas penampang kerusakan jaringan pada iris. Untuk proses klasifikasi menggunakan metode SVM (Support Vector Machine). Pada iris yang dikategorikan mengalami kerusakan jaringan dengan adanya tanda – tanda:

- Terdapat garis panjang yang menghitam.
- Lubang yang besar maupun kecil yang bisa jadi lebih dari satu.
- Perubahan warna pada jaringan iris.



3.2.1 Iris

Pada subbab sebelumnya telah dibahas bahwa peneliti mengambil data dengan cara memvideokan citra mata partisipan baik itu yang sakit maupun yang normal. Dengan menggunakan *grab citra* peneliti berusaha memilih gambar terbaik yang akan digunakan sebagai data. Gambar terbaik dalam hal ini adalah gambar mata yang tidak blur atau dengan noise sekecil mungkin terutama untuk area ROI yang diinginkan. Pada gambar 3.4 merupakan contoh hasil *grab citra* citra mata.



Gambar 3.5 (kiri) hasil grab citra citra mata kiri, (kanan) hasil grab citra citra mata kanan.

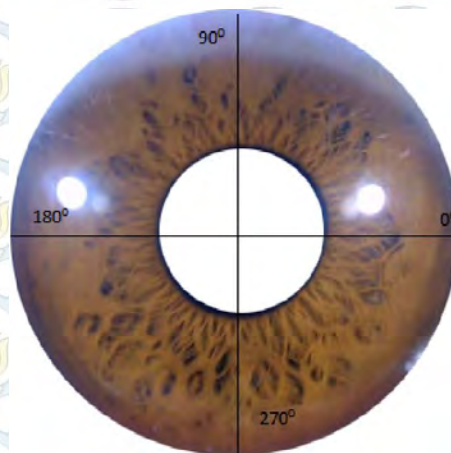
Untuk memperoleh iris secara keseluruhan, peneliti melakukan pemisahan iris dari bagian mata lainnya secara manual. Hasil pemisahan iris dapat dilihat seperti pada gambar 3.5.



Gambar 3.6 (kiri) Citra iris kiri, (kanan) Citra iris kanan

3.2.2 ROI

Berdasarkan *chart iridology* Bernard Jensen bahwa daerah yang merepresentasikan ginjal berada pada kuadran IV untuk mata kiri dan kuadran III untuk mata kanan. Dengan menggunakan *Euclidian Distance* citra dapat dibagi menjadi 360° . Titik tengah citra dijadikan sebagai titik tengah lingkaran. Pembagian sudut yang dilakukan seperti terlihat pada gambar 3.6.



Gambar 3.7 Model pembagian kuadran oleh Euclidian.

Sudut area ginjal adalah sekitar 18° yaitu pada sudut 252° hingga 270° untuk iris kiri dan 270° hingga 288° untuk iris kanan. Namun ROI yang diinginkan berada pada 0.4 hingga 0.6 dari jari – jari lingkaran iris yang dihitung dari titik tengah dari citra. Hasil ROI yang diperoleh terlihat seperti pada gambar 3.7.

Listing program matlab yang digunakan untuk memperoleh ROI.

```
% membaca gambar dan mengubah gambar menjadi abu - abu
i = rgb2gray(imread('Fula_kiri_edit.png'));
cr = floor(size(i,1)/2);
cl = floor(size(i,2)/2);
% menghitung jari - jari lingkaran iris
r = min(cr, cl);
a = 18;
r1 = cr;
c1 = size(i,2);
v1=[c1 r1]-[c1 cr];

i2 = zeros(size(i,1),size(i,2),ceil(360/a));
% membagi lingkaran iris menjadi 360
for ri = 1:size(i,1)
    for ci = 1:size(i,2)
        v2=[ci ri]-[c1 cr];
        a2 = mod(-atan2(v1(1)*v2(2)-v1(2)*v2(1), v1*v2'), 2*pi) *
180/pi;
        d2 = pdist([ci ri; c1 cr], 'euclidean');
        if d2<=r
            if ceil(a2/a)==0
                a2 =1;
            end
            i2(ri,ci,ceil(a2/a)) = i(ri,ci);
        end
    end
end

%mencari sudut yang diinginkan untuk iris kiri
for i=1:270/a
    I=imshow(mat2gray(i2(:,:,i)));
end

%mencari sudut yang diinginkan untuk iris kanan
for i=1:288/a
    I=imshow(mat2gray(i2(:,:,i)));
end
```



Gambar 3.8 (kiri) ROI iris mata kanan representasi ginjal kanan, (kanan) ROI iris mata kiri representasi ginjal kiri.

3.2.3 Watershed

Watershed akan digunakan untuk mengekstrak ROI yang sudah diperoleh sebelumnya. Agar menghasilkan pemisahan citra yang sempurna maka penggunaan Sobel terlebih dahulu dilakukan. Sobel akan mengekstrak informasi *gradient* yang akan dijadikan input oleh *watershed*. Gambar 3.8 memperlihatkan citra hasil dari *gradient magnitude*.

Listing program yang digunakan untuk algoritma watershed.

```
% membaca image Hasil ROI
I = imread('Maya_kanan_roi.tif');
%melakukan proses sobel untuk memperkuat tepi citra
hy = fspecial('sobel');
hx = hy';
Iy = imfilter(double(I), hy, 'replicate');
Ix = imfilter(double(I), hx, 'replicate');
gradmag = sqrt(Ix.^2 + Iy.^2);
figure(2)
imshow(gradmag,[]), title('Gradient magnitude (gradmag)')
L = watershed(gradmag);
Lrgb = label2rgb(L);
figure(3), imshow(Lrgb), title('Watershed transform of gradient
magnitude (Lrgb)')
se = strel('disk', 20);
Io = imopen(I, se);
Ie = imerode(I, se);
Iobr = imreconstruct(Ie, I);
Ioc = imclose(Io, se);
Iobrd = imdilate(Iobr, se);
Iobrcbr = imreconstruct(imcomplement(Iobrd), imcomplement(Iobr));
Iobrcbr = imcomplement(Iobrcbr);
fgm = imregionalmax(Iobrcbr);
I2 = I;
I2(fgm) = 255;
se2 = strel(ones(5,5));
fgm2 = imclose(fgm, se2);
fgm3 = imerode(fgm2, se2);
fgm4 = bwareaopen(fgm3, 20);
I3 = I;
I3(fgm4) = 255;
bw = im2bw(Iobrcbr, graythresh(Iobrcbr));
D = bwdist(bw);
DL = watershed(D);
bgm = DL == 0;
gradmag2 = imimposemin(gradmag, bgm | fgm4);
L = watershed(gradmag2);
I4 = I;
I4(imdilate(L == 0, ones(3, 3)) | bgm | fgm4) = 255;
figure(4)
imshow(I4)
title('Watershed with Markers and object boundaries(I4)')
```




Gambar 3.9 Salah satu contoh hasil gradient magnitude (kiri) ROI mata kanan, (kanan) ROI mata kiri.

Hasil dari gradient magnitude ini akan menjadi inputan untuk watershed. Gambar 3.10 adalah hasil dari algoritma *watershed*.



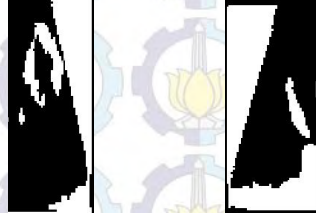
Gambar 3.10 Salah satu contoh hasil *Watershed* (kiri) ROI mata kanan, (kanan) ROI mata kiri.

3.2.4 Binerisasi

Setelah dilakukan transformasi *watershed* citra diubah ke bentuk biner. Proses binerisasi dilakukan untuk merubah intensitas warna citra bernilai “0” dan bernilai “1” sehingga pada akhirnya citra terdiri dari warna hitam dan warna putih. Umumnya citra biner terbentuk dari citra intensitas yang mengalami proses thresholding. Hasil dari proses biner kemudian di komplemen untuk mengubah hitam menjadi putih dan sebaliknya. Hal ini dilakukan agar penampang kerusakan jaringan di iris menjadi berwarna putih sehingga lebih terlihat jelas. Hasil konversi ke bentuk komplemen biner ditunjukkan pada gambar 3.10. Untuk melakukan proses binerisasi citra menggunakan persamaan 2.10 terlebih dahulu dengan mencari nilai T sebagai *thresholding*. Secara umum *graythresh* dalam matlab dapat digunakan untuk mengubah intensitas citra menjadi biner. *Graythresh* memanfaatkan metode Otsu untuk memilih thresholding terbaik yang dapat meminimalkan variansi hitam dan putih. Algoritma yang digunakan untuk Otsu:

- Komputasikan histogram dan probabilitas setiap level intensitas
- Menetapkan nilai $\omega_i(0)$ yang merupakan weight dan $\mu_i(0)$ merupakan rata – rata.

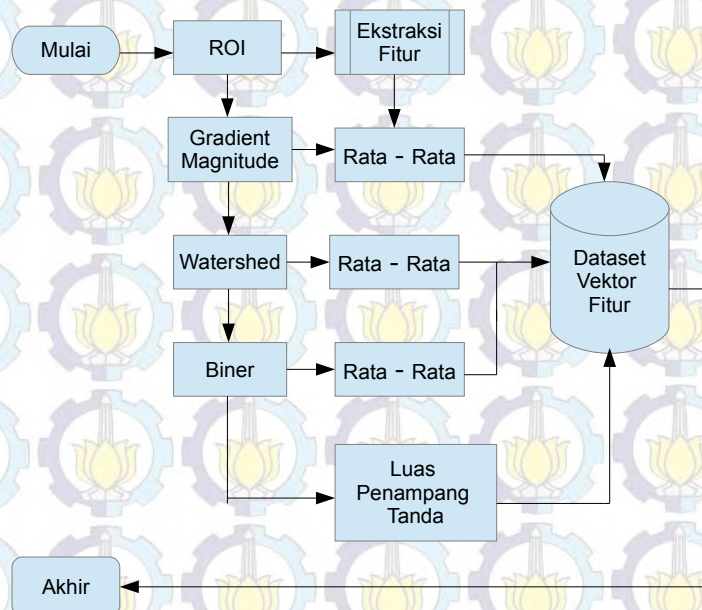
- Untuk langkah pertama tetapkan $t=1$ (intensitas maksimum)
- Perbaharui nilai ω_i dan μ_i
- Hitung nilai varian (σ_b^2)
- Tetapkan nilai threshold berdasarkan nilai maksimum varian (σ_b^2)



Gambar 3.11 Hasil komplemen biner (kiri) ROI mata kanan, (kanan) ROI mata kiri.

3.2.5 Ekstraksi Fitur

Dalam penelitian ini fitur citra yang akan di ekstrak nilai rata – rata citra hasil *Gradient Magnitude*, nilai rata – rata citra hasil *Watershed*, nilai rata – rata citra biner dari hasil *Watershed* dan Luas penampang dari kerusakan jaringan di ROI.



Gambar 3.12 Proses untuk mendapatkan fitur sebagai inputan SVM.

Dengan menggunakan metode 4-ketetanggaan dan pelabelan piksel citra, maka untuk menghitung luas penampang dari kerusakan jaringan di ROI diperoleh dengan menghitung luas area piksel yang telah dilakukan pelabelan dengan menggunakan persamaan 2.12. Berdasarkan pembelajaran yang dilakukan

pada iris orang normal dan mendekati normal maka ditetapkan dalam penelitian ini bahwa:

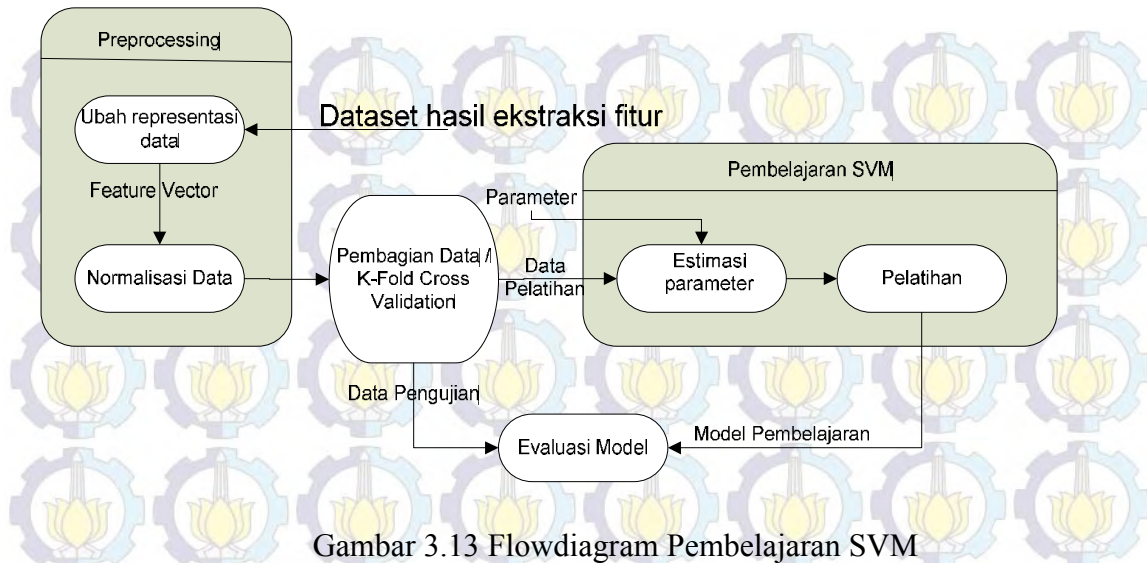
- Apabila luas penampang kerusakan jaringan di iris kurang dari atau sama dengan 30 piksel dikategorikan tidak terdeteksi adanya kerusakan jaringan.
- Apabila luas penampang kerusakan jaringan di iris lebih dari 30 piksel maka dikategorikan adanya kerusakan jaringan di iris.

Listing program yang digunakan untuk ekstraksi fitur.

```
% menghitung rata - rata dari gradient magnitude
rata1 = mean2(gradmag);
% menghitung rata - rata dari watershed
rata2 = mean2(I4);
% melakukan binerisasi citra hasil watershed
level = graythresh(I4);
bw = im2bw(I,level);
% melakukan proses komplemen proses biner
biner = imcomplement(bw);
% menghitung rata - rata dari citra biner
rata3 = mean2(biner);
% menghitung luas penampang kerusakan jaringan
% menggunakan ketetanggaan piksel dalam citra biner
cc = bwconncomp(kecil,4);
cc.NumObjects;
% melakukan pelabelan terhadap citra
numOfPixels = cellfun(@numel,cc.PixelIdxList);
labeled = labelmatrix(cc);
RGB_label = label2rgb(labeled, @spring, 'c', 'shuffle');
% menghitung luas area citra
n = numOfPixels;
for i=1:n
    grain = false(size(kecil));
    grain(cc.PixelIdxList{i}) = true;
    figure, imshow(grain);
end
graindata = regionprops(cc, 'basic');
graindata(i).Area
```

3.2.6 Klasifikasi SVM

Pada penelitian ini mesin pembelajaran yang akan digunakan untuk mengklasifikasi dataset adalah SVM (Support Vector Machine). Mesin klasifikasi SVM digunakan untuk mengklasifikasikan fitur – fitur yang sudah diperoleh dari hasil *Watershed*. Gambar 3.12 menunjukkan flow diagram proses pembelajaran pada SVM.



Gambar 3.13 Flowdiagram Pembelajaran SVM

Dalam penelitian ini dataset yang diperoleh dibagi ke dalam 3 kelas yaitu

- “Kedua Mata Terdapat Tanda” menunjukkan kelas dimana ditemukan adanya tanda kerusakan jaringan di kedua mata
- “Salah Satu Mata Terdapat Tanda” menunjukkan kelas dimana ditemukan adanya tanda kerusakan jaringan hanya pada salah satu mata yang bisa saja ditemukan di mata kiri atau kanan.
- “Kedua Mata Tidak Terdapat Tanda” menunjukkan kelas dimana tidak ditemukan adanya tanda kerusakan jaringan di kedua mata.

Untuk menemukan parameter terbaik untuk klasifikasi yaitu Fungsi kernel RBF parameter C (cost) dan γ (gamma) yaitu dengan menggunakan algoritma *GridSearch*. *GridSearch* direkomendasikan digunakan untuk optimasi klasifikasi SVM. Dalam penelitian ini untuk memperoleh parameter C dan Gamma dengan memanfaatkan `weka.classifiers.meta.GridSearch`. Kemudian parameter ini akan digunakan dalam proses pembelajaran dan pengujian dengan memanfaatkan `weka.classifier.with.libsvm`. Weka adalah kumpulan algoritma *machine learning* untuk data mining. Weka berisikan peralatan untuk pre processing data, klasifikasi, klustering, regresi, association rules dan visualisasi. Weka merupakan software yang open source yang diisukan oleh GNU General Public License.

Dalam penelitian ini dataset yang digunakan antara data latih dan data uji adalah sama sehingga dilakukan pembagian antara data latih dan data uji dengan mengikuti aturan seperti pada tabel 3.1.

Tabel 3.1. Aturan pembagian Data.

<i>Percentage Split</i>	Data Latih (%)	Data Uji (%)
10	10	90
20	20	80
30	30	70
40	40	60
50	50	50
60	60	40
70	70	30
80	80	20
90	90	10

Selain melakukan aturan pembagian persen seperti pada tabel 3.1, ada metode lain yang dapat digunakan untuk melakukan penilaian atau validasi keakuratan dari model SVM yang dibangun yaitu dengan *k-fold cross validation*. Teknik ini membagi dataset menjadi sejumlah k partisi secara acak. Kemudian dilakukan percobaan sebanyak k kali dimana masing masing percobaan menggunakan k-1 partisi sebagai data latih dan sisanya sebagai data uji. Dengan kata lain setiap kali pelatihan semua partisi akan dilatih kecuali satu partisi disisakan sebagai data uji. Dalam penelitian ini k-fold cross validation akan digunakan dari $k = 1, 2, \dots, 10$.

3.3 Akurasi dan Recall

Setelah diperoleh model hasil dari mesin pembelajaran klasifikasi *Support Vector machine* dilakukan percobaan pengujian menggunakan data uji seperti pada tabel 3.1, dan 10 kali dengan *k-fold cross validation*. Hasil pengujian klasifikasi SVM akan dibentuk ke dalam suatu matrik dengan ukuran 3×3 yang merepresentasikan kelas aktual dan kelas prediksi seperti pada tabel 3.3. Pengukuran akurasi jumlah data pengujian yang terprediksi benar (*Precision*) dengan data yang telah dilakukan pelatihan sebelumnya dan akurasi jumlah data pengujian yang terprediksi salah dengan data yang telah dilakukan pelatihan (*recall*) merupakan ukuran yang digunakan untuk penelitian ini.

Tabel 3.2 *Confusion Matrix* Analisis Hasil Klasifikasi SVM

Kelas Aktual/Prediksi	Kedua Mata Terdapat Tanda	Salah Satu Mata Terdapat Tanda	Kedua Mata Tidak Terdapat Tanda
Kedua Mata Terdapat Tanda	tpA	eAB	eAC
Salah Satu Mata Terdapat Tanda	eBA	tpB	eBC
Kedua Mata Tidak Terdapat Tanda	eCA	eCB	tpC

Keterangan:

- tpA = terprediksi benar sebagai kelas ‘kedua mata terdapat tanda’.
- tpB = terprediksi benar sebagai kelas ‘salah satu mata terdapat tanda’.
- tpC = terprediksi benar sebagai kelas ‘kedua mata tidak terdapat tanda’.
- eAB = Kelas ‘kedua mata terdapat tanda’ terprediksi salah sebagai kelas ‘salah satu mata terdapat tanda’.
- eAC = Kelas ‘kedua mata terdapat tanda’ terprediksi salah sebagai kelas ‘kedua mata tidak terdapat tanda’.
- eBA = Kelas ‘salah satu mata terdapat tanda’ terprediksi salah sebagai kelas ‘kedua mata terdapat tanda’.
- eBC = Kelas ‘salah satu mata terdapat tanda’ terprediksi salah sebagai kelas ‘kedua mata tidak terdapat tanda’.
- eCA = Kelas ‘kedua mata tidak terdapat tanda’ terprediksi salah sebagai kelas ‘kedua mata terdapat tanda’.
- eCB = Kelas ‘kedua mata tidak terdapat tanda’ terprediksi salah sebagai kelas ‘salah satu mata terdapat tanda’.

Persamaan untuk mendapatkan akurasi ditiap-tiap kelas dihitung menggunakan persamaan 3.1, 3.2, dan 3.3:

- Kelas ‘Kedua Mata Terdapat Tanda’

$$\text{Akurasi A} = tpA / (tpA + eBA + eCA) \quad (3.1)$$

- Kelas ‘Salah Satu Mata Terdapat Tanda’

$$\text{Akurasi B} = tpB / (tpB + eAB + eCB) \quad (3.2)$$

- Kelas ‘Kedua Mata Tidak Terdapat Tanda’

$$\text{Akurasi C} = tpC / (tpC + eAC + eBC) \quad (3.3)$$

Rata – rata akurasi diperoleh dengan persamaan 3.4:

$$\text{Rata – rata Akurasi} = (\text{Akurasi A} + \text{Akurasi B} + \text{Akurasi C})/3 \quad (3.4)$$

Untuk memperoleh *Recall* ditiap-tiap kelas dihitung menggunakan persamaan 3.5, 3.6, dan 3.7 :

- Kelas ‘Kedua Mata Terdapat Tanda’

$$\text{Recall A} = tpA / (tpA + eAB + eAC) \quad (3.5)$$

- Kelas ‘Salah Satu Mata Terdapat Tanda’

$$\text{Recall B} = tpB / (tpB + eBA + eBC) \quad (3.6)$$

- Kelas ‘Kedua Mata Tidak Terdapat Tanda’

$$\text{Recall C} = tpC / (tpC + eCA + eCB) \quad (3.7)$$

Rata – rata *Recall* diperoleh dengan persamaan 3.4:

$$\text{Rata – rata Recall} = (\text{Recall A} + \text{Recall B} + \text{Recall C})/3 \quad (3.8)$$

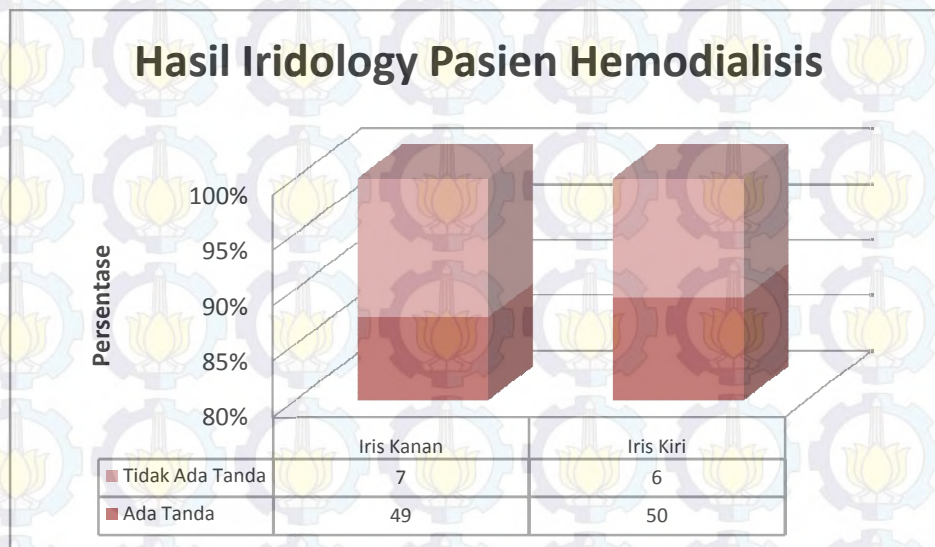
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil *Iridology* untuk pasien Hemodialisis

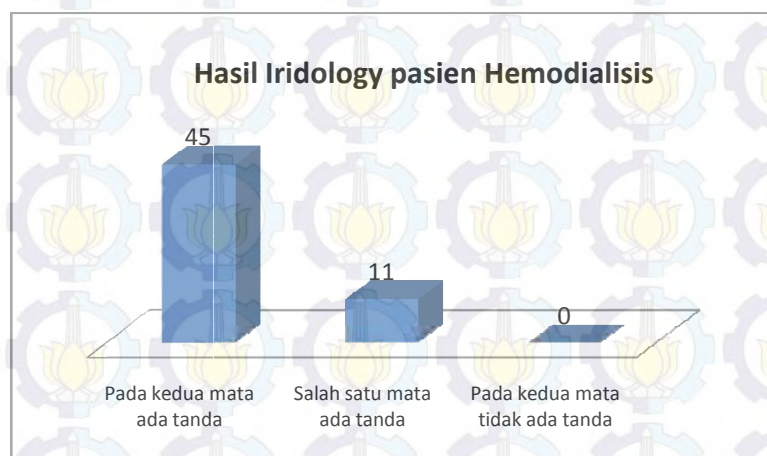
Pada penelitian ini sebanyak 82 orang telah berpartisipasi untuk diambil citra matanya dan diminta hasil tes kreatininnya. 61 orang diantaranya adalah pasien yang menjalani terapi Hemodialisis. Kesehatan ginjal mereka sudah divonis dokter berada di stadium akhir (End Stage Renal Disease). Para pasien ini melakukan Hemodialisis atau yang umum dikenal dengan cuci darah 2 kali dalam seminggu. Diabetes mellitus adalah penyebab terbanyak pasien mengalami gagal ginjal. Dari 61 pasien yang diambil datanya 36 orang mengidap Diabetes Mellitus. Hypertensi (tekanan darah tinggi) menjadi penyebab kedua terbanyak yaitu sebanyak 17 orang. Penyebab lainnya adalah kista dan penyebab lain yang belum diketahui secara pasti. Sebanyak 50 pasien yang diambil citra matanya berusia diatas 50 tahun. Pasien termuda yang diambil datanya berusia 23 tahun sedangkan yang paling tua berusia 79 tahun. Lamanya pasien telah menjalani terapi Hemodialisis hingga saat pengambilan data dilakukan bervariasi mulai dari 1 bulan hingga 84 bulan (7 tahun). Pasien laki – laki mendominasi pada penelitian ini yaitu sebanyak 41 pasien.

Dari 61 pasien yang diambil citra matanya, hanya 56 citra mata pasien yang dapat digunakan sebagai data yang digunakan. Terdapat 5 citra mata yang tidak digunakan karena ROI yang diinginkan untuk kedua mata tertutup oleh katarak atau oleh kelopak mata. Untuk citra yang hanya salah satu mata saja tertutup katarak atau kelopak mata tetap digunakan sebagai data. Dari 56 data tersebut diperoleh bahwa 49 pasien (87.5%) menunjukkan tanda kerusakan jaringan pada iris mata sebelah kanan dan 50 pasien (89.3%) menunjukkan tanda kerusakan jaringan pada iris mata sebelah kiri. Salah satu pasien yang diambil datanya telah melakukan operasi pengangkatan ginjal kanan pada tahun 1975. Pada iris kanan pasien tersebut tidak ditemukan adanya tanda kerusakan jaringan.



Gambar 4.1 *Chart Hasil Iridology* pada Pasien Hemodialisis secara umum

Pada gambar 4.2 terlihat bahwa dari 56 pasien Hemodialisis yang diolah datanya, 45 diantaranya menunjukkan adanya kerusakan jaringan di kedua mata, 11 menunjukkan adanya kerusakan jaringan hanya pada salah satu mata bisa mata kiri ataupun kanan dan tidak ada seorangpun yang tidak menunjukkan adanya kerusakan jaringan pada iris mata pasien Hemodialisis.


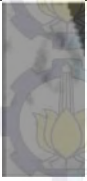




























Gambar 4.2 *Chart Hasil Iridology* pasien Hemodialisis dilihat dari kedua mata




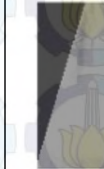


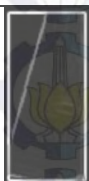
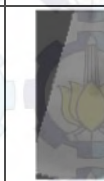


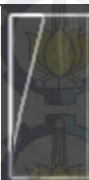
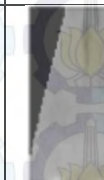



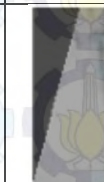



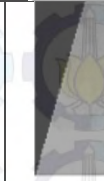



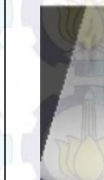



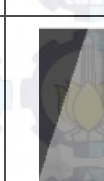



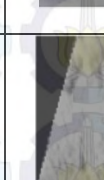
Tabel 4.1 merupakan ROI citra hasil dari *gradient magnitude* dan *watershed* serta tanda kerusakan jaringan yang terdapat pada iris sebelah kanan dan kiri pasien Hemodialisis. Tabel 4.1 juga berisi data lama pasien telah melakukan Hemodialisis serta nilai GFR pasien. Pasien yang menggunakan asuransi BPJS akan melakukan tes kreatinin tiap 3 bulan sekali. Ketika

pengambilan data dilakukan bukanlah saat para pasien melakukan tes kreatinin sehingga peneliti tidak memperoleh nilai GFR keseluruhan pasien.










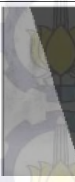

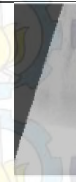















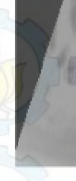




Tabel 4.1 Citra ROI dan Tanda Kerusakan Jaringan pada Pasien Hemodialisis

No	Lama Hemodialisis (bulan)	GFR (MDRD)	Mata Kanan			Mata Kiri		
			Gradmag	Watershed	Tanda	Gradmag	Watershed	Tanda
1	12	3.3			Ada Tanda			Ada Tanda
2	9				Ada Tanda			Ada Tanda
3	24	2.57			Ada Tanda			Ada Tanda
4	12	3.3			Tidak Ada Tanda			Ada Tanda
5	48				Ada Tanda			Ada Tanda
6	12	4.91			Tidak Ada Tanda			Ada Tanda
7	4	5.4			Ada Tanda			Ada Tanda










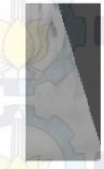

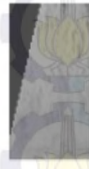










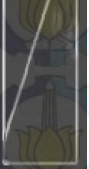
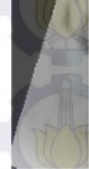




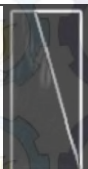

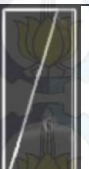
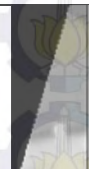
Lanjutan Tabel 4.1 Citra ROI dan Tanda Kerusakan Jaringan pada Pasien Hemodialisis

No	Lama Hemodialisis (bulan)	GFR (MDRD)	Mata Kanan			Mata Kiri		
			Gradmag	Watershed	Tanda	Gradmag	Watershed	Tanda
8	24	5.59			Ada Tanda			Ada Tanda
9	18				Ada Tanda			Ada Tanda
10	11	5.20			Ada Tanda			Ada Tanda
11	1	4.76			Tidak Ada Tanda			Ada Tanda
12	60	2.67			Ada Tanda			Tidak Ada Tanda
13	72	2.81			Ada Tanda			Ada tanda
14	70				Ada Tanda			Ada Tanda
15	12	1.51			Tidak Ada Tanda			Ada Tanda

































Lanjutan Tabel 4.1 Citra ROI dan Tanda Kerusakan Jaringan pada Pasien Hemodialisis

No	Lama Hemodialisis (bulan)	GFR (MDRD)	Mata Kanan			Mata Kiri		
			Gradmag	Watershed	Tanda	Gradmag	Watershed	Tanda
16	27	7.29			Ada Tanda			Tidak Ada Tanda
17	3				Ada Tanda			Ada Tanda
18	24	3.57			Ada Tanda			Ada Tanda
19	5	18.47			Ada Tanda			Ada Tanda
20	10	11.68			Ada Tanda			Ada Tanda
21	2				Ada Tanda			Tidak Ada Tanda
22	3				Ada Tanda			Ada Tanda
23	24	4.29			Ada Tanda			Ada Tanda



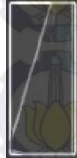

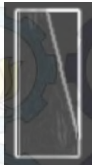

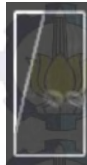






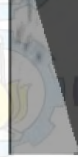





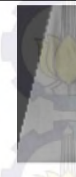


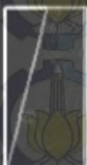





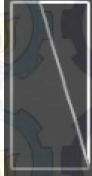



Lanjutan Tabel 4.1 Citra ROI dan Tanda Kerusakan Jaringan pada Pasien Hemodialisis

No	Lama Hemodialisis (bulan)	GFR (MDRD)	Mata Kanan			Mata Kiri		
			Gradmag	Watershed	Tanda	Gradmag	Watershed	Tanda
24	2	7.06			Tidak Ada Tanda			Ada Tanda
25	3	4.52			Ada Tanda			Ada Tanda
26	36				Ada Tanda			Ada Tanda
27	3	9.12			Ada Tanda			Ada Tanda
28	6				Ada Tanda			Ada Tanda
29	12	6.91			Tidak Ada Tanda			Ada Tanda
30	43	7.26			Ada Tanda			Ada Tanda
31	18				Ada Tanda			Tidak Ada Tanda

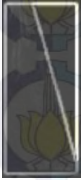

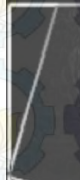

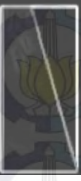















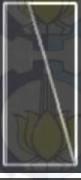
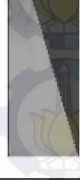








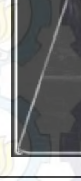

Lanjutan Tabel 4.1 Citra ROI dan Tanda Kerusakan Jaringan pada Pasien Hemodialisis

No	Lama Hemodialisis (bulan)	GFR (MDRD)	Mata Kanan			Mata Kiri		
			Gradmag	Watershed	Tanda	Gradmag	Watershed	Tanda
32	7	4.11			Ada Tanda			Ada Tanda
33	48	3.89			Ada Tanda			Ada Tanda
34	32	4.07			Ada Tanda			Ada Tanda
35	8	5.42			Ada Tanda			Ada Tanda
36	72	3.33			Ada Tanda			Ada Tanda
37	36	11.09			Ada Tanda			Ada Tanda
38	54				Ada Tanda			Ada Tanda
39	60	8.24			Ada Tanda			Ada Tanda





Lanjutan Tabel 4.1 Citra ROI dan Tanda Kerusakan Jaringan pada Pasien Hemodialisis

No	Lama Hemodialisis (bulan)	GFR (MDRD)	Mata Kanan			Mata Kiri		
			Gradmag	Watershed	Tanda	Gradmag	Watershed	Tanda
40	60	3.47			Ada Tanda			Ada Tanda
41	84	3.72			Ada Tanda			Ada Tanda
42	24	7.16			Ada Tanda			Ada Tanda
43	42				Ada Tanda			Ada Tanda
44	50				Ada Tanda			Ada Tanda
45	2	26.18			Ada Tanda			Ada Tanda
46	12	6.05			Ada Tanda			Ada Tanda
47	6				Tidak Ada Tanda			Ada Tanda

Lanjutan Tabel 4.1 Citra ROI dan Tanda Kerusakan Jaringan pada Pasien Hemodialisis

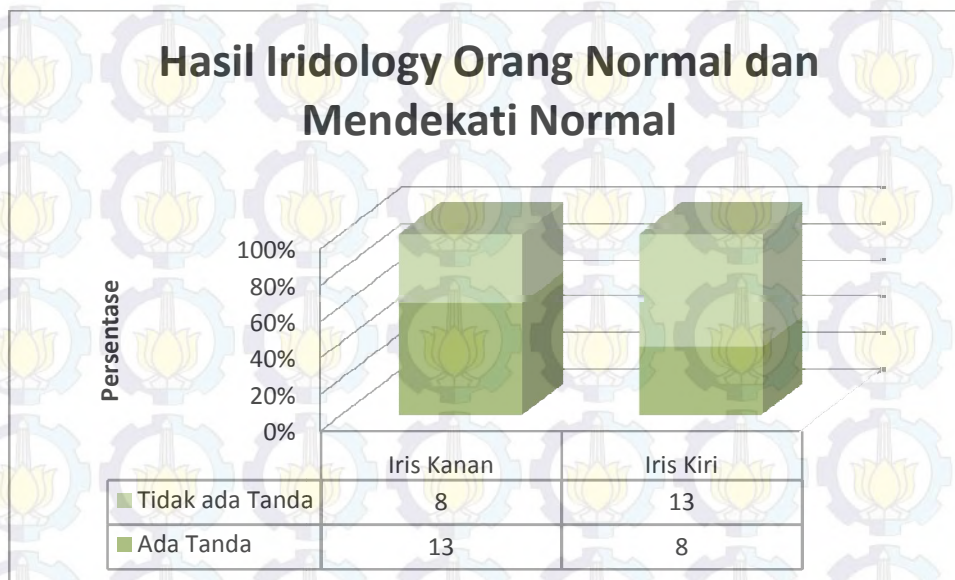
No	Lama Hemodialisis (bulan)	GFR (MDRD)	Mata Kanan			Mata Kiri		
			Gradmag	Watershed	Tanda	Gradmag	Watershed	Tanda
48	32	5.29			Ada Tanda			Ada Tanda
49	1	3.70			Ada Tanda			Ada Tanda
50	2	5.51			Ada Tanda			Ada Tanda
51	42	5.34			Ada Tanda			Ada Tanda
52	48				Ada Tanda			Ada Tanda
53	10				Ada Tanda			Ada Tanda
54	10	4.79			Ada Tanda			Ada Tanda
55	5	2.21			Ada Tanda			Tidak Ada Tanda

Lanjutan Tabel 4.1 Citra ROI dan Tanda Kerusakan Jaringan pada Pasien Hemodialisis

No	Lama Hemodialisis (bulan)	GFR (MDRD)	Mata Kanan			Mata Kiri		
			Gradmag	Watershed	Tanda	Gradmag	Watershed	Tanda
56	5	11.88			Ada Tanda			Ada Tanda

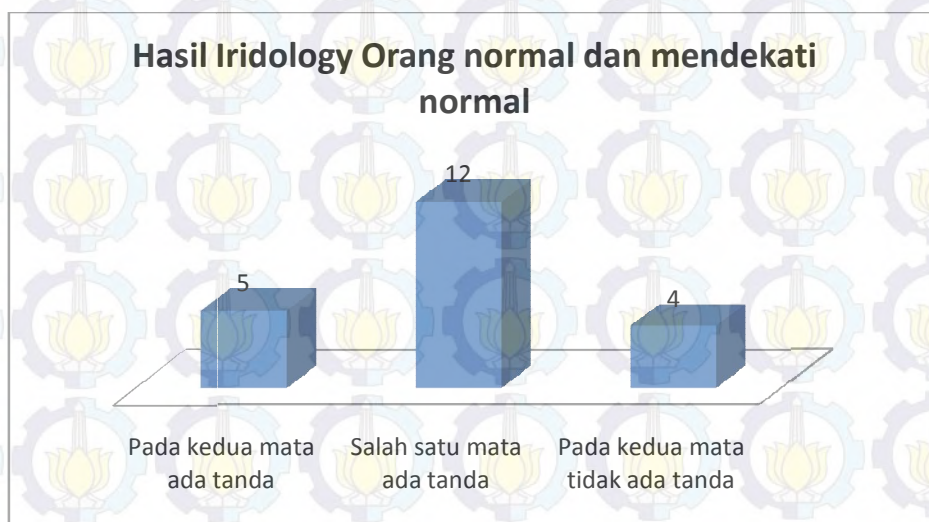
4.2 Hasil Iridology untuk partisipan Normal dan Mendekati Normal

Sebanyak 21 orang yang nilai GFR nya termasuk kategori normal dan mendekati normal juga diambil citra matanya. 8 dari 21 orang tidak memiliki tanda kerusakan jaringan pada mata kanan (38%) dan 13 orang tidak memiliki tanda kerusakan jaringan pada mata kiri (61.9%). Usia partisipan untuk normal dan mendekati normal ini berkisar dari 22 tahun hingga 43 tahun. Laki – laki mendominasi sebanyak 14 orang yang bersedia melakukan tes kreatinin. Untuk memperoleh nilai kreatinin partisipan bersedia untuk di ambil darahnya sebanyak kira – kira 3 cc di klinik laboratorium.



Gambar 4.3 Chart Hasil Iridology pada Orang Normal dan Mendekati Normal di pandang secara umum


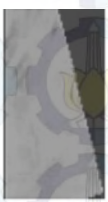
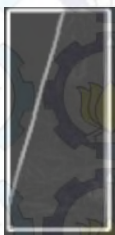
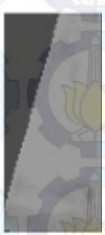
Pada gambar 4.4 terlihat bahwa dari 21 citra iris orang normal dan mendekati normal yang diolah datanya, 5 diantaranya menunjukkan adanya kerusakan jaringan di kedua mata, 12 menunjukkan adanya kerusakan jaringan hanya pada salah satu mata bisa mata kiri ataupun kanan dan 4 orang yang tidak menunjukkan adanya kerusakan jaringan pada iris mata pasien Hemodialisis.





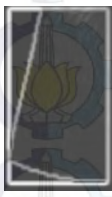



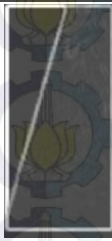

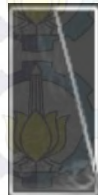








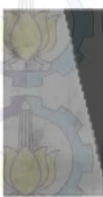


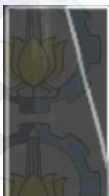
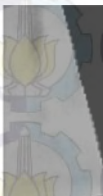


Gambar 4.4 Hasil *Iridology* orang normal dan mendekati normal dilihat dari kedua mata

Tabel 4.2 merupakan ROI image hasil dari *gradient magnitude* dan *watershed* serta tanda kerusakan jaringan yang terdapat pada iris sebelah kanan dan kiri partisipan normal dan yang mendekati normal.




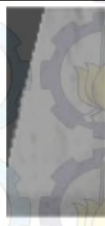


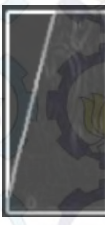
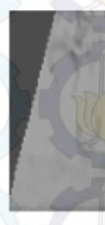





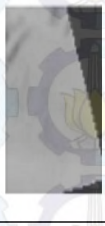
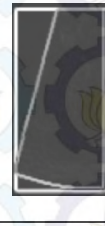

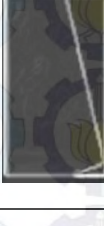


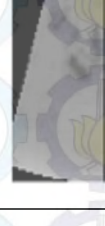

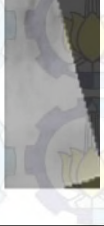
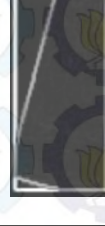

Tabel 4.2 Image ROI dan Tanda Kerusakan Jaringan pada Partisipan Normal dan Mendekati Normal

No	GFR (MDRD)	GFR (CKD-EPI)	Mata Kanan			Mata Kiri		
			Gradmag	Watershed	Tanda	Gradmag	Watershed	Tanda
1	111.08	122.04			Ada Tanda			Tidak Ada Tanda

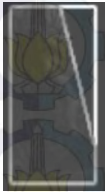









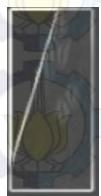













Lanjutan Tabel 4.2 Image ROI dan Tanda Kerusakan Jaringan pada Partisipan Normal dan Mendekati Normal

No	GFR (MDRD)	GFR (CKD- EPI)	Mata Kanan			Mata Kiri		
			Gradmag	Watershed	Tanda	Gradmag	Watershed	Tanda
2	96.66	155.36			Ada Tanda			Tidak Ada Tanda
3	92.37	107.32			Ada Tanda			Ada Tanda
4	101.51	119.20			Ada Tanda			Tidak Ada Tanda
5	120.70	120.49			Tidak Ada Tanda			Ada Tanda
6	119.21	141.37			Ada Tanda			Ada Tanda
7	78.20	90.72			Ada Tanda			Tidak Ada Tanda









Lanjutan Tabel 4.2 Image ROI dan Tanda Kerusakan Jaringan pada Partisipan Normal dan Mendekati Normal

No	GFR (MDRD)	GFR (CKD-EPI)	Mata Kanan			Mata Kiri		
			Gradmag	Watershed	Tanda	Gradmag	Watershed	Tanda
8	100.71	118.37			Tidak Ada Tanda			Tidak Ada Tanda
9	117.41	139.13			Ada Tanda			Ada Tanda
10	91.36	107.31			Ada Tanda			Tidak Ada Tanda
11	112.66	133.42			Ada Tanda			Tidak Ada Tanda
12	95.44	111.74			Tidak Ada Tanda			Ada Tanda
13	118.19	123.57			Ada Tanda			Tidak Ada Tanda

Lanjutan Tabel 4.2 Image ROI dan Tanda Kerusakan Jaringan pada Partisipan Normal dan Mendekati Normal

No	GFR (MDRD)	GFR (CKD- EPI)	Mata Kanan			Mata Kiri		
			Gradmag	Watershed	Tanda	Gradmag	Watershed	Tanda
14	103.88	122.40			Tidak Ada Tanda			Ada Tanda
15	83.82	98.67			Tidak Ada Tanda			Tidak Ada Tanda
16	92.10	106.46			Ada Tanda			Ada Tanda
17	84.56	98.65			Ada Tanda			Ada Tanda
18	102.66	165.48			Tidak Ada Tanda			Tidak Ada Tanda
19	87.61	102.49			Ada Tanda			Tidak Ada Tanda

Lanjutan Tabel 4.2 Image ROI dan Tanda Kerusakan Jaringan pada Partisipan Normal dan Mendekati Normal

No	GFR (MDRD)	GFR (CKD-EPI)	Mata Kanan			Mata Kiri		
			Gradmag	Watershed	Tanda	Gradmag	Watershed	Tanda
20	122.82	198.63			Tidak Ada Tanda			Tidak Ada Tanda
21	92.68	147.33			Tidak Ada Tanda			Tidak Ada Tanda

Data yang diperoleh baik data orang normal dan mendekati normal dan data pasien Hemodialisis yaitu sebanyak 77 data dibagi ke dalam 3 kelas berdasarkan ada atau tidak adanya kerusakan jaringan di kedua mata.

- Terdapat tanda kerusakan jaringan di kedua mata sebanyak 50 data masuk kelas 'Kedua Mata Terdapat Tanda'.
- Hanya terdapat tanda kerusakan jaringan pada salah satu mata sebanyak 23 data masuk kelas 'Salah Satu Mata Terdapat Tanda'.
- Tidak terdapat tanda pada kedua mata sebanyak 4 data masuk kelas 'Kedua Mata Tidak Terdapat Tanda'.

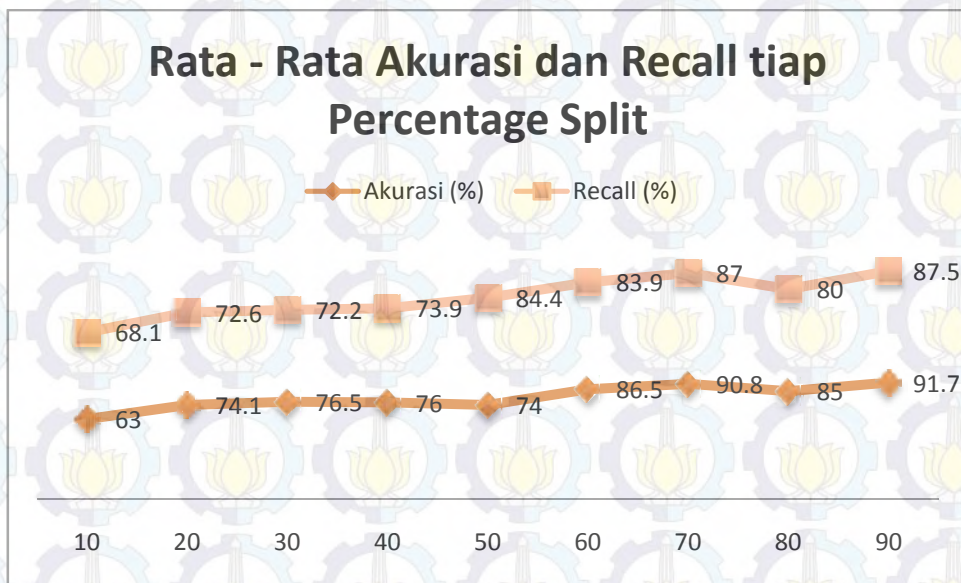
4.3 Hasil Klasifikasi SVM dengan Persen Pembagi Data

Untuk memperoleh parameter terbaik maka algoritma *gridsearch* digunakan. Dari hasil *Gridsearch* diperoleh bahwa Cost terbaik bernilai 16 dan Gamma terbaik bernilai 100. Dengan menggunakan nilai $C = 16$ dan $\gamma = 100$ dan dengan menggunakan aturan pembagian data antara data latih dan data uji seperti pada tabel 3.1 maka diperoleh nilai akurasi dan *recall* dari tiap percobaan seperti pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil Klasifikasi *Percentage Split* 10 - 90.

% <i>Split</i>	Ukuran	Kedua Mata Terdapat Tanda (%)	Salah Satu Mata Terdapat Tanda (%)	Kedua Mata Tidak Terdapat Tanda (%)	Rata – Rata (%)
10	Akurasi	69.6	61.5	0	63
	Recall	90.7	36.4	0	68.1
20	Akurasi	70.6	90	0	74.1
	Recall	97.3	40.9	0	72.6
30	Akurasi	69.8	87.5	66.7	76.5
	Recall	96.8	33.3	100	72.2
40	Akurasi	72.7	81.8	50	76
	Recall	92.3	47.4	100	73.9
50	Akurasi	78.3	69.2	50	74
	Recall	81.8	60	100	84.4
60	Akurasi	90	80	0	86.5
	Recall	90	72.7	0	83.9
70	Akurasi	92.9	87.5	0	90.8
	Recall	92.9	77.8	0	87
80	Akurasi	90	75	0	85
	Recall	90	60	0	80
90	Akurasi	100	66.7	0	91.7
	Recall	83.3	100	0	87.5

Hasil percobaan menunjukkan nilai akurasi dan recall untuk masing – masing kelas dan hasil rata – ratanya. Gambar 4.3 merupakan *chart* dari rata – rata akurasi dan recall untuk tiap persen pembagian.



Gambar 4.3 Chart rata – rata akurasi dan *Recall* untuk setiap *Percentage Split*

Dari *chart* pada gambar 4.3 terlihat jelas bahwa nilai rata – rata akurasi terbaik yaitu 87.5% dan rata - rata recall terbaik yaitu 91.7% dihasilkan oleh persen pembagian 90 dimana data latih 90% dan data uji 10%. Sebaliknya nilai rata – rata akurasi dan recall terburuk diberikan oleh persen pembagian 10 dimana data training 10 dan data uji 90% dengan akurasi 63% dan *recall* 68.1%. Tabel 4.4 merupakan *confussion matrix* untuk tiap – tiap persen pembagian data. Kelas pada kolom merupakan kelas prediksi dari SVM, sedangkan baris adalah kelas aktual. Dalam *Confussion Matrix* ini kelas “Kedua Mata Terdapat Tanda” direpresentasikan oleh A, kelas “Salah Satu Terdapat Tanda” direpresentasikan oleh B dan kelas “Kedua Mata Tidak Terdapat Tanda” direpresentasikan oleh C.

Dari tabel 4.4 *Confussion matrix* untuk pembagian data 90 dimana data latih 90% dan data uji 10% diperoleh bahwa data pelatihan 69 dan data pengujian 8 memberikan kinerja terbaik dengan nilai rata- rata akurasi dan recall terbaik:

- 5 data aktual ‘Kedua Mata Terdapat Tanda’ terprediksi benar, 1 data aktual masuk kelas ‘Kedua Mata Terdapat Tanda’terprediksi salah masuk kelas ‘Salah Satu Mata Terdapat Tanda’
- 2 data aktual masuk kelas ‘Salah Satu Mata Terdapat Tanda’ terprediksi benar.

Tabel 4.4. Confussion Matrix Percentage Split 10 – 90

% Split	Confussion Matrix		Kelas Prediksi		
			A	B	C
10	Kelas Aktual	A	39	4	0
		B	14	8	0
		C	3	1	0
20	Kelas Aktual	A	36	1	0
		B	12	9	1
		C	3	0	0
30	Kelas Aktual	A	30	1	0
		B	13	7	1
		C	0	0	2
40	Kelas Aktual	A	24	2	0
		B	9	9	1
		C	0	0	1
50	Kelas Aktual	A	18	4	0
		B	5	9	1
		C	0	0	1
60	Kelas Aktual	A	18	2	0
		B	2	8	1
		C	0	0	0
70	Kelas Aktual	A	13	1	0
		B	1	7	1
		C	0	0	0
80	Kelas Aktual	A	9	1	0
		B	1	3	1
		C	0	0	0
90	Kelas Aktual	A	5	1	0
		B	0	2	0
		C	0	0	0

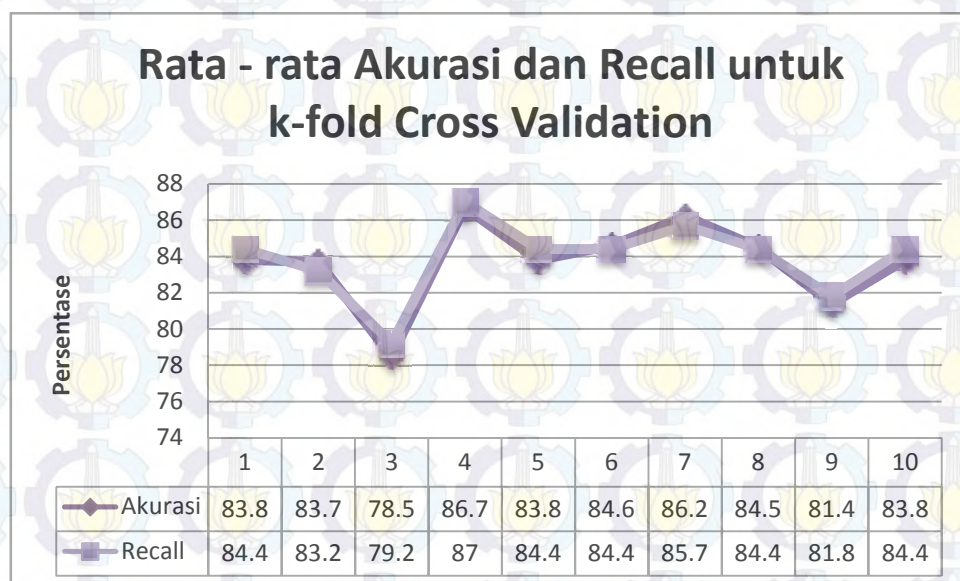
Dari tabel 4.4 *Confussion matrix* untuk pembagian data 10 dimana data latih 10% dan data uji 90% diperoleh bahwa data pelatihan 8 dan data pengujian

69 memberikan kinerja terburuk dengan nilai rata-rata akurasi dan recall terburuk:

- 39 data aktual ‘Kedua Mata Terdapat Tanda’ terprediksi benar, 4 data aktual masuk kelas ‘Kedua Mata Terdapat Tanda’ terprediksi salah masuk kelas ‘Salah Satu Mata Terdapat Tanda’
- 8 data aktual kelas ‘Salah Satu Mata Terdapat Tanda’ terprediksi benar, 14 data aktual kelas ‘Salah Satu Mata Terdapat Tanda’ terprediksi salah masuk kelas ‘Kedua Mata Terdapat Tanda’
- 3 data aktual kelas ‘Kedua Mata Tidak Terdapat Tanda’ terprediksi salah masuk kelas ‘Kedua Mata Terdapat Tanda’ dan 1 data aktual kelas ‘Kedua Mata Tidak Terdapat Tanda’ terprediksi salah masuk kelas ‘Salah Satu Mata Terdapat Tanda’.

4.4 Hasil Klasifikasi SVM dengan *k-fold Cross Validation*

Selain menggunakan metode pembagian data antara data latih dengan data uji seperti yang sudah diutarakan pada subbab sebelumnya, pada percobaan ini juga akan dilakukan pembelajaran dan pengujian SVM dengan metode *k-fold Cross Validation* dengan *k* bernilai 1 sampai dengan 10.



Gambar 4.4 Chart Rata – Rata Akurasi dan Recall untuk k-fold Cross Validation.

Tabel 4.5 Hasil Klasifikasi k-fold Cross Validation

k-fold	Ukuran	Kedua Mata Terdapat Tanda (%)	Salah Satu Mata Terdapat Tanda (%)	Kedua Mata Tidak Terdapat Tanda (%)	Rata – Rata (%)
1	Akurasi	92	72	50	83.8
	Recall	92	78.3	25	84.4
2	Akurasi	91.7	69.2	66.7	83.7
	Recall	88	78.3	50	83.2
3	Akurasi	84.9	66.7	66.7	78.5
	Recall	90	60.9	50	79.2
4	Akurasi	92.2	78.3	66.7	86.7
	Recall	94	78.3	50	87
5	Akurasi	92	72	50	83.8
	Recall	92	78.3	25	84.4
6	Akurasi	91.8	72	66.7	84.6
	Recall	90	78.3	50	84.4
7	Akurasi	93.8	73.1	66.7	86.2
	Recall	90	82.6	50	85.7
8	Akurasi	93.8	70.4	50	84.5
	Recall	90	82.6	25	84.4
9	Akurasi	90	68	50	81.4
	Recall	90	73.9	25	81.8
10	Akurasi	92	72	50	83.8
	Recall	92	78.3	25	84.4

Hasil percobaan menunjukkan nilai akurasi dan recall untuk masing – masing kelas dan hasil rata – ratanya. Gambar 4.4 merupakan *chart* dari rata – rata akurasi dan recall untuk tiap persen pembagian.

Dari *chart* pada gambar 4.4 terlihat jelas bahwa nilai rata – rata akurasi terbaik yaitu 86.7% dan rata - rata *recall* terbaik yaitu 87% dihasilkan oleh 4-fold *cross validation*. Sedangkan 3-fold *cross validation* memberikan kinerja terburuk dengan rata – rata akurasi 78.5% dan rata – rata *recall* 79.2%.

Tabel 4.6. Confussion Matrix k-fold Cross Validation, $k = 1, 2, \dots, 10$

k-fold	Confussion Matrix		Kelas Prediksi		
			A	B	C
1	Kelas Aktual	A	46	4	0
		B	4	18	1
		C	0	3	1
2	Kelas Aktual	A	44	6	0
		B	4	18	1
		C	0	2	2
3	Kelas Aktual	A	45	5	0
		B	8	14	1
		C	0	2	2
4	Kelas Aktual	A	47	3	0
		B	4	18	1
		C	0	2	2
5	Kelas Aktual	A	46	4	0
		B	4	18	1
		C	0	3	1
6	Kelas Aktual	A	45	5	0
		B	4	18	1
		C	0	2	2
7	Kelas Aktual	A	45	5	0
		B	3	19	1
		C	0	2	2
8	Kelas Aktual	A	45	5	0
		B	3	19	1
		C	0	3	1
9	Kelas Aktual	A	45	5	0
		B	5	17	1
		C	0	3	1
10	Kelas Aktual	A	46	4	0
		B	4	18	1
		C	0	3	1

Tabel 4.6 merupakan *confussion matrix* untuk *k-fold cross validation* dengan k sama dengan 1 sampai dengan 10. Kelas pada kolom merupakan kelas prediksi dari SVM, sedangkan baris adalah kelas aktual.

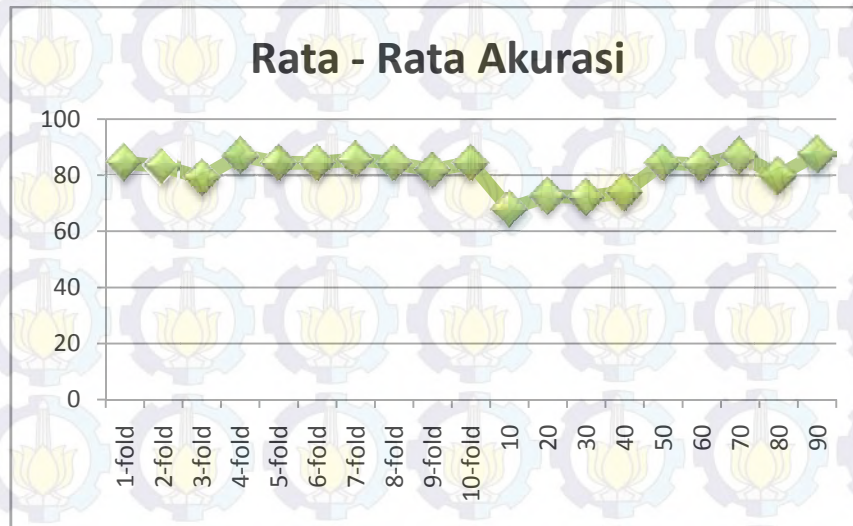
Dari tabel 4.6 *Confussion matrix* untuk *4-fold cross validation* yang memberikan rata – rata akurasi dan recall terbaik.

- 47 data aktual ‘Kedua Mata Terdapat Tanda’ terprediksi benar, 3 data aktual masuk kelas ‘Kedua Mata Terdapat Tanda’ terprediksi salah masuk kelas ‘Salah Satu Mata Terdapat Tanda’
- 18 data aktual kelas ‘Salah Satu Mata Terdapat Tanda’ terprediksi benar, 4 data aktual kelas ‘Salah Satu Mata Terdapat Tanda’ terprediksi salah masuk kelas ‘Kedua Mata Terdapat Tanda’ dan 1 data aktual kelas ‘Salah Satu Mata Terdapat Tanda’ terprediksi salah masuk kelas ‘Kedua Mata Tidak Terdapat Tanda’.
- 2 data aktual kelas ‘Kedua Mata Tidak Terdapat Tanda’ terprediksi benar dan 2 data aktual kelas ‘Kedua Mata Tidak Terdapat Tanda’ terprediksi salah masuk kelas ‘Salah Satu Mata Terdapat Tanda’.

Dari tabel 4.6 *Confussion matrix* untuk *4-fold cross validation* yang memberikan kinerja terburuk:

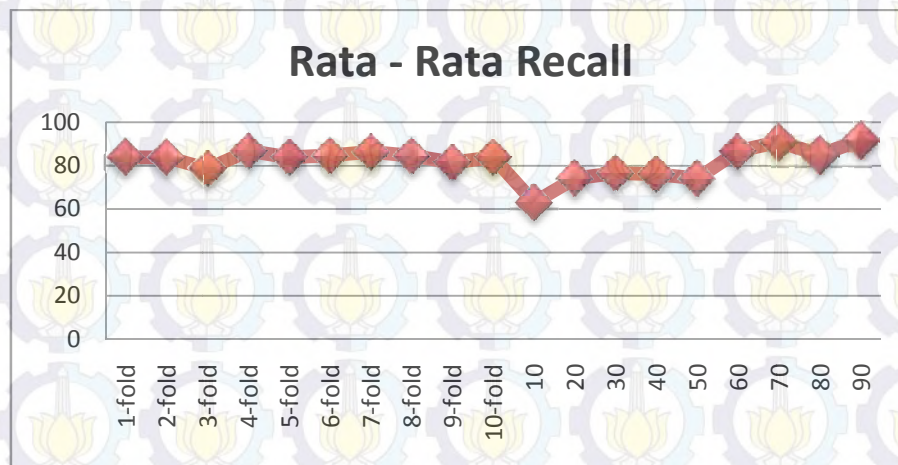
- 45 data aktual ‘Kedua Mata Terdapat Tanda’ terprediksi benar, 5 data aktual masuk kelas ‘Kedua Mata Terdapat Tanda’ terprediksi salah masuk kelas ‘Salah Satu Mata Terdapat Tanda’
- 14 data aktual kelas ‘Salah Satu Mata Terdapat Tanda’ terprediksi benar, 8 data aktual kelas ‘Salah Satu Mata Terdapat Tanda’ terprediksi salah masuk kelas ‘Kedua Mata Terdapat Tanda’ dan 1 data aktual kelas ‘Salah Satu Mata Terdapat Tanda’ terprediksi salah masuk kelas ‘Kedua Mata Tidak Terdapat Tanda’.
- 2 data aktual kelas ‘Kedua Mata Tidak Terdapat Tanda’ terprediksi benar dan 2 data aktual kelas ‘Kedua Mata Tidak Terdapat Tanda’ terprediksi salah masuk kelas ‘Salah Satu Mata Terdapat Tanda’.

Dari keseluruhan percobaan dapat dilakukan perbandingan rata-rata akurasi dan *recall* untuk tiap percobaan seperti pada gambar 4.5 dan gambar 4.6.



Gambar 4.5 Chart perbandingan rata – rata akurasi untuk tiap percobaan.

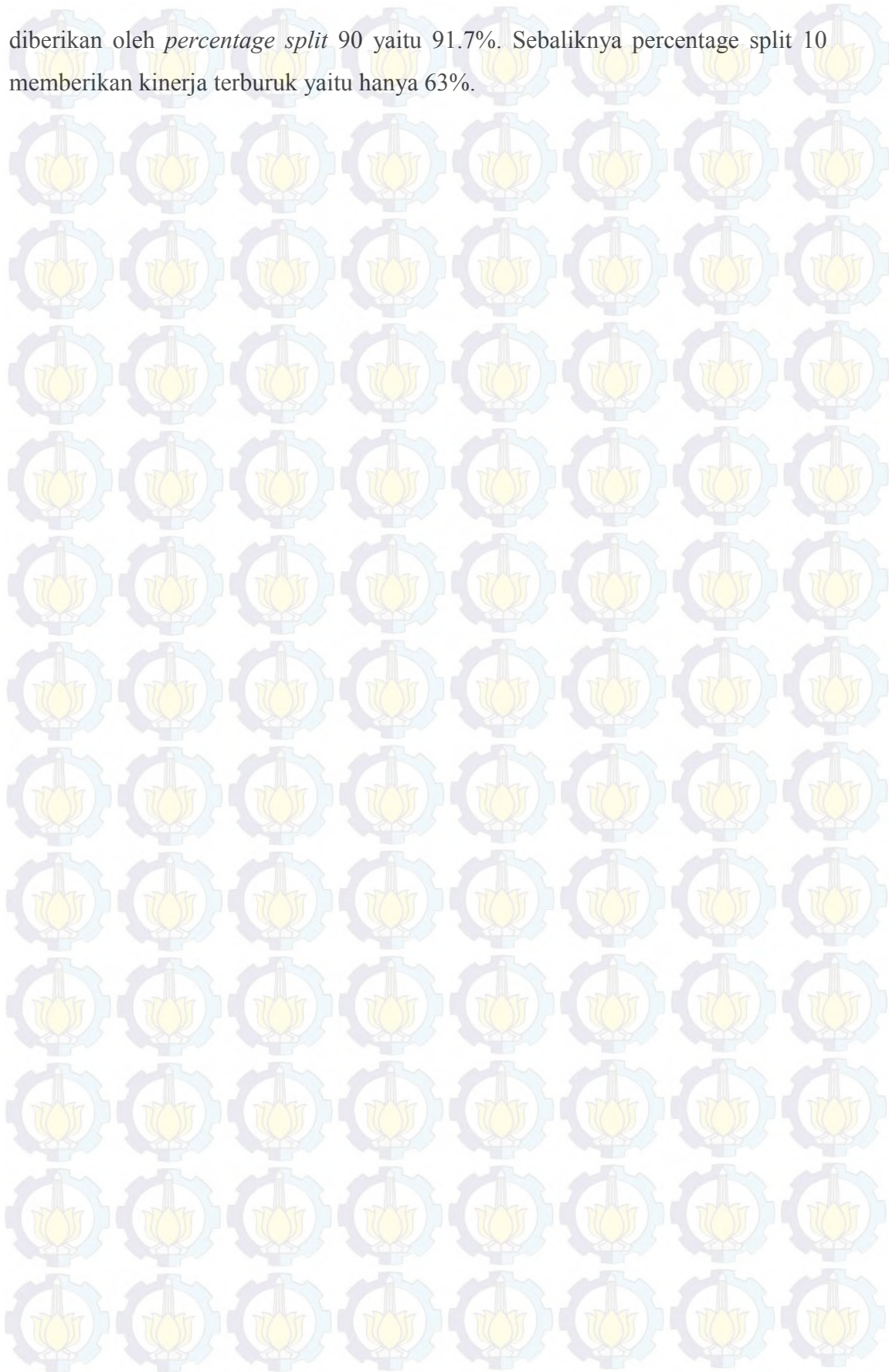
Dari gambar 4.5 terlihat bahwa rata – rata akurasi terbaik dari keseluruhan percobaan diberikan oleh *percentage split* 90 yaitu 87.5% . Sebaliknya *percentage split* 10 memberikan kinerja terburuk yaitu hanya 68.1%.



Gambar 4.6 Chart perbandingan rata – rata *recall* untuk tiap percobaan.

Dari gambar 4.6 hal yang samaseperti pada rata – rata akurasi terjadi pada rata – rata *recall* dimana rata- rata *recall* terbaik dari keseluruhan percobaan

diberikan oleh *percentage split* 90 yaitu 91.7%. Sebaliknya *percentage split* 10 memberikan kinerja terburuk yaitu hanya 63%.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian diperoleh kesimpulan:

1. Bahwa *iridology* dapat digunakan sebagai alternatif lain yang dapat digunakan untuk mendeteksi kesehatan ginjal. Hal ini terlihat bahwa dari keseluruhan pasien gagal ginjal yang diambil datanya 87.5% menunjukkan tanda kerusakan jaringan di iris mata kanan dan 89.3% menunjukkan tanda kerusakan jaringan di iris mata kiri.
2. Dalam penelitian ini juga terdapat kasus khusus dimana pasien gagal ginjal yang ginjal kanannya telah diangkat 40 tahun lalu tidak menunjukkan tanda kerusakan jaringan di iris mata kanan.
3. Hasil yang berbeda terjadi pada partisipan orang normal dan mendekati normal yang diambil citra matanya. Dari keseluruhan partisipan orang normal dan mendekati normal hanya 38% yang tidak menunjukkan tanda kerusakan jaringan di iris mata kanan dan 61.9% tidak menunjukkan adanya tanda kerusakan jaringan di iris mata kiri.
4. Dari hasil sebanyak 19 kali percobaan untuk mengukur akurasi dan *recall* model SVM yang digunakan untuk mengklasifikasikan dataset ke dalam 3 kelas yaitu kelas 'Kedua Mata Terdapat Tanda' yang aktualnya memiliki 50 data, kelas 'Salah Satu Mata Terdapat Tanda' yang aktualnya memiliki 23 data dan kelas 'Kedua Mata Tidak Terdapat Tanda' yang aktualnya memiliki 4 data, diperoleh
 - rata – rata akurasi terbaik dari keseluruhan percobaan diberikan oleh *percentage split* 90 yaitu 87.5% .
 - rata- rata *recall* terbaik dari keseluruhan percobaan diberikan oleh *percentage split* 90 yaitu 91.7%.

- rata – rata akurasi terburuk dari keseluruhan percobaan diberikan oleh *percentage split* 10 yaitu 68.1% .
- rata- rata *recall* terbaik dari keseluruhan percobaan diberikan oleh *percentage split* 10 yaitu 63%.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dengan menggunakan metode yang diusulkan, ada beberapa hal yang diperhatikan dan butuh perbaikan diantaranya:

1. Adanya perbedaan jumlah data antara tiap – tiap kelas pada dataset yang digunakan mempengaruhi nilai akurasi dan *recall* yang diperoleh, untuk itu penambahan data yang baru dibutuhkan apabila memungkinkan untuk penelitian lanjutannya.
2. Mencari alternatif validasi lain yang dapat merepresentasikan kondisi masing – masing ginjal, sehingga dapat dilakukan perbandingan antara kondisi ginjal kanan dengan tanda kerusakan jaringan di iris mata kanan dan sebaliknya. Pada penelitian ini yang dijadikan validasi adalah tes kreatinin yang merepresentasikan kondisi kedua ginjal.
3. Untuk penelitian selanjutnya adalah melakukan pengambilan data untuk pasien gagal ginjal kronis stadium 3 dan 4 mengingat bahwa pada penelitian ini hanya mengambil data pasien ESRD/ stadium 5 untuk menyempurnakan analisis *iridology* untuk penyakit gagal ginjal kronis.

DAFTAR PUSTAKA

Absar Ali, Naila Asif, Zunaira Rais, “Estimation of GFR by MDRD Formula and Its Correlation to Cockcroft-Gault Equation in Five Stages of Chronic Kidney Disease”, Scientific Research, Open Journal of Nephrology, 2013, 3, 37 – 40.

Al-Hyari, Abeer Y., Al-Tae, Ahmad M., Al-Tae, Majid A.,”Clinical Decision Support System for Diagnosis and Management of Chronic Renal Failure”, IEEE, Jordan Conference on Applied Electrical Engineering and Computing Technologies (AEECT), 2013

Annual Report 5th , Indonesian Renal Registry, 2012

Bernard Jensen, *Iridology Simplified-An Introduction to the Science of Iridology and its Relation to Nutrition*, *Iridologist International*, 5th ed., Route 1 Box 52, Escodindo, California, 1980.

Burges, Christoper. A tutorial on support Vector Machines for pattern Recognition, *Data Mining and Knowledge Discovery*, 2(2): 955 – 974, 1998.

Chih Chung Chang, Chih-Jen Lin, LIBSVM: A Library for Support Vector Machines. 2001, Available: <http://www.csie.ntu.edu.tw/~cjlin/libsvm>.

Chih-Wei Hsu, Chih-Jen Lin, “A Comparison of Methods for Multiclass Support Vector Machines”, *IEEE TRANSACTIONS ON NEURAL NETWORKS*, VOL. 13, NO. 2, pp 415-425. 2002

Chih-Wei Hsu, Chih-Jen Lin, Chih Chung Chang, A Practical Guide to Support Vector Classification, Department of Computer Science National Taiwan University, Taipei. April 2010.

G.Pugliese, A.Solini, E.Bonora, E.Orsi, G.Zerbini et al, “The Chronic Kidney Disease Epidemiology Collaboration (CKD-EPI) equation provides a better definition of cardiovascular burden associated with CKD than the Modification of Diet in Renal Disease (MDRD) study formula in subjects with type 2 diabetes,” *Atherosclerosis* 218, April 2011, pp. 194-199.

<http://www.mcw.edu/FileLibrary/User/kerbach/Dialysis.pdf> access on 13 Augusts 2015.

<http://www.iridologyassn.org/IIPA-About.aspx>,

International

Iridology

practitioners association access on 13 August 2015.

Henry Ford Health System, Chronic Kidney Disease (CKD) Clinical Practice Recommendations for Primary Care Physicians and Healthcare Providers, Edition 6.0 A Collaborative Approach.

Hussein, Sheriff E., Hassan, Osama A., Granat, Malcolm A., "Assesment of the potential *iridology* for diagnosing kidney disease using wavelet analysis and neural network", Elsavier, Biomedical Signal Processing and Control 8, 2013.

Jan, Farmanullah., Usman, Imran., Agha, Shahrukh., "Iris localization in frontal eye images for less constrained iris recognition systems", Elsavier, Digital Signal Processing, 2012.

Kaur, Amandeep., Aayushi., "Image Segmentation Using Watershed Transform", Blue Eyes Intelligence Engineering & Sciences Publication Pvt. Ltd, International Journal of Soft Computing and Engineering (IJSCE), 2014.

Krisantus Sembiring, Tutorial SVM bahasa Indonesia, 2007.

Laurence E.Carroll, "The Stages of Chronic Kidney Disease and the estimated Glomerular Filtration Rate," The Journal of Lancaster General Hospital, Vol. 1-No. 2, Fall 2006.

Lesmana, I Putu D., Purnama, I Ketut E., Purnomo, Mauridhi H., "Abnormal Condition Detection of Pancreatic Beta-Cells as the Cause of Diabetes Mellitus Based on Iris Image", IEEE, International Conference on Instrumentation, Communication, Information Technology and Biomedical Engineering, Bandung, 2011.

Lodin, Adrian., Demea ,Sorina., "Design of an Iris-Based Medical Diagnosis System", IEEE, 2009.

National Institute for Health and Clinical Excellence, Peritoneal Dialysis, July 2011, NICE clinical guideline.

National Kidney Foundation, Peritoneal Dialysis : What You Need to Know

National Kidney Foundation, Hemodialysis : What You Need to Know

National Kidney and Urologic Diseases Information Clearinghouse, Treatment Methods for Kidney Failure Hemodialysis, U.S. Department of Health and Human Services.

P.Delanaye, E.Cavalier, C.Mariat, N.Maillard, J.M. Krzesinski, "MDRD or CKD-EPI study equations for estimating prevalence of stage 3 CKD in epidemiological studies: which difference? Is this difference relevance?," BMC Nephrology, 2010.

Roerdink, Jos B.T.M., Meijster, Arnold, "The Watershed Transform: Definitions, Algorithms and Parallelization Strategies", IOS Press, Fundamenta Informaticae 41, Netherland, 2001.

Salman, Nassir., "Image Segmentation Based on Watershed and Edge Detection Techniques", The International Arab Journal of Information Technology, Vol. 3, 2006.

Satriyo, Nugroho, Anto., Budi, Witarto, Arief., Handoko, DwiAnalisa Informasi Dimensi Tinggi Pada Bioinformatika Memakai Support Vector Machine. Proc. of National Conference on Information & Communication Technology (ICT) for Indonesia/e-Indonesia Initiatives, vol. II. 2005.

Sharan, Farida. "*Iridology* : A Complete Guide to Diagnosing through the Iris and to Related Forms of Treatment". Boulder USA, 1989.

Sivasankar, K., Sujarita, M., Pasupathi, P., Muthukumar, S., "FCM based Iris Image Analysis for Tissue Imbalance Stage Identification", IEEE, International Conference on Emerging Trends in Science, Engineering and Technology, 2012.

Steve R. Gunn, Support Vector Machines for Classification and Regression, Faculty of Engineering, Science and Mathematics School of Electronics and Computer Science. University of Southampton, May 1998.

Wibawa, Adhi D., Purnomo, Mauridhi H., "Early Detection on the Condition of Pancreas Organ as the Cause of the Diabetes Mellitus by Real Time Iris Image Processing", IEEE, APCCAS, 2006

BIOGRAFI PENULIS



Maya Armys Roma Sitorus, mahasiswa Magister di Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Elektro, Bidang Keahlian Telematika. Merupakan salah satu penerima Beasiswa Pra S2- Saintek untuk Calon Dosen Politeknik Negeri Batam. Lahir dan besar di Porsea, salah satu kecamatan di Toba

Samosir, Sumatera Utara pada tanggal 3 Januari 1984. Anak ke 3 dari 6 bersaudara pasangan Pitua Sitorus dan Linda br Samosir menempuh pendidikan Diploma 3 di Politeknik Negeri Bandung program studi Teknik Telekomunikasi pada tahun 2003 – 2006. Dari 2007 – 2009 mengambil kuliah Sarjana kelas Ekstensi di Universitas Indonesia jurusan Teknik Elektro.

Penulis dapat dihubungi pada email: maya.sitorus84@gmail.com